Mitteilungen

Berlin (Germany). K. Landesanstalt für Wasserhygiene

Mitteilungen

aus der

Königlichen Prüfungsanstalt

für

Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung

zu Berlin.

Herausgegeben

von

Dr. A. Schmidtmann, und **Dr. Carl Günther,**

Prof., Geh. Ober-Med.- u. vortr. Rat im Kgl. Preuss. Ministerium der geistlichen, Unterrichts- und Medizinal-Angelegenheiten, Anstaltsleiter.

Geh. Med.-Rat, a. o. Professor der Hygiene an der Universität, Anstaltsvorsteher.

Heft 6.

Mit 1 Tafel und 10 Abbildungen im Text.

BERLIN, 1906.
VERLAG VON AUGUST HIRSCHWALD
NW. UNTER DEN LINDEN 68.


HARVARD COLLEGE
LIBRARY

Inhalts-Verzeichnis.

Seite

1.

Gutachten der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung über die Abwässerbeseitigung von Neustrelitz,

erstattet im Auftrage des Grossherzoglichen Medizinalkollegiums vom 5. April 1904.

Berichterstatter:

Geh. Med.-Rat Prof. Dr. **Carl Günther**, Vorsteher und Regierungsbaumeister **Reichle**, Wissenschaftliches Mitglied

der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin.

Das Grossherzogliche Medizinalkollegium ersuchte mit Schreiben vom 5. April 1904 die Königliche Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, bei der gutachtlichen Beantwortung der Frage, welches System der Abwässerbeseitigung für die Residenzstadt Neustrelitz zu empfehlen sei, mit den Kräften und Hilfsmitteln der Anstalt ihre Unterstützung zu gewähren. Dem Schreiben waren beigefügt:

1. eine Abschrift des Erläuterungsberichtes zu dem Entwurfe des früheren Stadtbaurats K. in Ch. vom 30. Juni 1904,
2. der Entwurf des Wasserwerksdirektors S. zu F. vom 20. April 1902 (Gutachten mit 3 Plänen).

Gleichzeitig wurde der Wunsch ausgesprochen, dass seitens der Anstalt ein Sachverständiger der Hygiene, sowie ein Bausachverständiger zur Prüfung der örtlichen Verhältnisse entsendet werde.

Nachdem der vorgesetzte Minister der pp. Medizinalangelegenheiten zur Erstattung des beantragten Gutachtens seine Genehmigung erteilt hatte, begaben sich am 16. Juni 1904 die Berichterstatter nach Neustrelitz.

An eine Besprechung mit den in Frage kommenden Behörden, in welcher die diesseitigen Sachverständigen sich über die in Frage kommenden örtlichen Verhältnisse genauer informierten, schloss sich

eine Besichtigung der Stadt, speziell bezüglich der jetzigen Entwässerungsverhältnisse.

Am 17. Juni erfolgte eine eingehende Untersuchung des Zierker Sees seitens der Sachverständigen der Anstalt.

Später wurden der Anstalt noch Angaben über die Höhe der in Neustrelitz gemessenen Niederschläge sowie weiter Angaben der Wasserwerksverwaltung über den Wasserverbrauch der Stadt eingesandt. Ausserdem wurde der Anstalt Abschrift eines Gutachtens des Kaiserlichen Gesundheitsamtes vom Frühjahr 1899, betreffend Untersuchung des Zierker Sees aus Veranlassung eines vorgekommenen Fischsterbens, übergeben.

Nach den der Anstalt nunmehr vorliegenden Unterlagen handelt es sich um folgende tatsächlichen Verhältnisse:

Die Residenzstadt Neustrelitz liegt auf einem hügeligen Gelände, dessen Höhen zwischen 60 und 77 m über N.N. schwanken. Im Westen der Stadt liegt der 4 qkm grosse Zierker See, dessen Wasserspiegel ca. auf Kote 66 N.N. gelegen ist.

Das Stadtgebiet besitzt einen Flächeninhalt von 114 ha entsprechend den im Situationsplan, Blatt 2 der Unterlagen (S.'sches Gutachten), eingezeichneten Bebauungsgrenzen (vergl. den Plan, Anlage 3). In diesem Gebiet sollen die für spätere Bebauung in Aussicht genommenen Gelände bereits einbegriffen sein. Die Strassen der Stadt sind grösstenteils gepflastert.

Die Einwohnerzahl von Neustrelitz beträgt jetzt 11 400. Die Zunahme der Bevölkerung hat in den letzten 5 Jahren genau 1000 Einwohner betragen. Für die nächsten 20 Jahre wird mit einem Anwachsen auf 15 000 Einwohner gerechnet, eine Zahl, die bei gleicher Vermehrung wie in den letzten 5 Jahren allerdings bereits in ca. 15 Jahren erreicht sein müsste.

Die Gesundheitsverhältnisse der Stadt sind nach Angabe gegenwärtig befriedigende. In den tiefer gelegenen Stadtteilen wurden früher in jedem Jahre Typhuserkrankungen beobachtet; seit der Einführung der zentralen Wasserversorgung im Jahre 1900 haben die letzteren sehr erheblich abgenommen. Anzeigepflicht für Typhus besteht nicht. Ebensowenig gibt es bestimmte einheitliche Desinfektionsvorschriften. Die entsprechenden Anordnungen werden von Fall zu Fall getroffen. In 2 Krankenhäusern befinden sich Dampfdesinfektionsapparate; auch ist ein geprüfter Desinfektor vorhanden.

Die Stadt besitzt seit dem Jahre 1900 eine zentrale Wasserversorgung, welche von der „Akt.-Ges. Deutsche Wasserwerke“ in Berlin gebaut ist und von ihr betrieben wird. Das Wasser wird aus 3 Rohrbrunnen von 200 mm Durchmesser und 42 m Tiefe am südlichen Teil des Ufers des Glambecker Sees gewonnen und durch eine Pumpstation nach dem in der Nähe befindlichen Turmreservoir von 200 cbm gedrückt. Die Abgabe des Wassers erfolgt durch Wassermesser. Der grösste monatliche Verbrauch des Wasserwerks betrug im Jahre 1903 nach Angabe der Wasserwerksverwaltung 6250 cbm (Juli); teilweise erfolgt jedoch die Versorgung auch noch aus vorhandenen Brunnen, sodass der jetzige Wasserverbrauch sich nicht genau ermitteln lässt.

Die Fäkalien werden in Gruben gesammelt; eine geregelte Abfuhr findet nicht statt. Der Gruheninhalt wird landwirtschaftlich verwendet. Einleitung von Fäkalstoffen in die bestehenden Kanäle ist nur gestattet bei Anlage von zweiteiligen Klärgruben auf den betreffenden Grundstücken, in welchen die festen Fäkalien und Papier durch Siebe zurückgehalten werden sollen. Durch die bestehenden Kanäle werden im übrigen Regen- und Brauchwässer abgeführt.

Entsprechend den Geländeverhältnissen entwässert die kleinere, östliche Hälfte der Stadt nach dem Feldmarkgraben, welcher nach 6,1 km langem offenen Lauf in den Tiefen Trebbower See einmündet. Während diese östliche Hälfte nur den genannten Graben als einzigen Vorfluter besitzt, zerfällt die westliche Hälfte in 4 einzelne Entwässerungsgebiete, von denen jedes seine besonderen Abführungskanäle besitzt, die einzeln in den Zierker See einmünden.

Der grössere Teil des westlichen Gebietes entwässert in einen Hauptsammler, den sogenannten „Kammerkanal“, welcher unterhalb der Georgstrasse bei der Insel „Helgoland“ mit offenem Gerinne in den Zierker See mündet. Die Grösse des Entwässerungsgebietes dieses Kanals beträgt nach dem Lageplan (Blatt 2) 36,7 ha. Der Kanal besteht in seinem unteren Teil aus Zementröhren von 85 cm l. W.; weiter oberhalb besteht ein überwölbter gemauerter Teil von rechteckigem Querschnitt, 75 cm breit, 135 cm hoch; dieses Profil reicht bis zur Töpferstrasse. Zwischen Töpferstrasse und Katersteig besteht ein offener Graben; vom Katersteig über den neuen Markt besitzt der Kanal ein gemauertes eiförmiges Profil von 1,10 : 0,75 m, aus Backsteinen hergestellt; oberhalb des neuen Marktes besteht der Kanal aus Steinzeugröhren von 39 cm l. W. Der Kanal soll sich teilweise

noch in gutem Zustande befinden und wird aus diesem Grunde soweit als möglich in das neue Entwässerungssystem aufzunehmen sein.

Weitere Rohrkanäle, jedoch ohne grössere Bedeutung, entwässern das Gebiet von Mühlenstr., Sassenstr., Färbersteig und Zierkerstrasse, welches ca. 15,6 ha gross ist. Die Einmündung der Entwässerung dieses Gebietes in den See erfolgt bei der Georgstrasse durch den offenen Graben entlang den Speichern.

Das tiefliegende Gebiet zwischen Zierkerstrasse und See besitzt zur Zeit keine Kanäle, sondern entwässert durch offene Rinnen direkt nach dem See.

Der nördliche Teil der Glambeckerstrasse besitzt einen Steinzeugrohrkanal von 25—30 cm l. W., welcher in einen offenen Graben, den „Borngraben", einmündet, der seinerseits die Niederung im Norden der Stadt, sowie den Mühlenteich durchfliesst und unterhalb der Zierkerstrasse in den Zierker See einmündet. Das letztgenannte Entwässerungsgebiet ist sehr klein (ca. 3 ha).

Die östliche Stadthälfte entwässert, wie bereits gesagt, nach dem bei der Katholischen Kirche beginnenden Feldmarkgraben, und zwar durch den Abfangkanal in der Bahnhofstrasse, welcher die Kanäle der Strelitzerstrasse, Augustastrasse, Elisabethstrasse sowie die Schmutzwässer des Schlachthofs aufnimmt. Der genannte Abfangkanal besteht an seiner Mündung aus eiförmigen Zementröhren von 80 : 120 cm l. W., verengt sich nach oben hin auf 70 : 105 cm, 60 : 90 cm und weiter auf kreisrunde Zementröhren von 50 bezw. 30 cm Durchmesser.

Diese Kanäle sollen sich nach der Anstalt gemachter Angabe, weil erst ca. 10 Jahre alt, noch in ziemlich gutem Zustande befinden. Die Grösse dieses Entwässerungsgebietes beträgt ca. 41,5 ha.

In den Strassenflächen sind zur Einleitung von Oberflächenwasser Strassensinkkästen angeordnet, deren Wasserspiegel 1 m unter Terrain liegt und welche 0,5 m Wasserstand besitzen. Die Kanäle werden periodisch aus der Wasserleitung gespült.

Industrielle Betriebe, welche Abwasser liefern, gibt es nach Angabe in Neustrelitz nicht mit Ausnahme des bereits oben genannten Schlachthofbetriebes.

Die Missstände, welche mit der jetzigen Entwässerung verbunden sind, ergeben sich z. T. aus dem Umstande, dass innerhalb der Stadt teilweise noch eine offene Ableitung der Schmutzwässer stattfindet; ferner sollen die bestehenden Kanäle einzelner Strassen teilweise

mangelhafte Beschaffenheit und geringe Tieflage zeigen; an einzelnen Stellen soll infolge unrichtiger Gefällsverhältnisse Aufstau des Schmutzwassers in den Kanälen erfolgen, welcher zu Geruchsbelästigungen durch Fäulnisvorgänge pp. Veranlassung gibt. Bezüglich der Hausentwässerungs-Klärgruben besteht der Missstand in den nicht unbeträchtlichen Anlagekosten sowie in der ab und zu erforderlich werdenden Reinigung. Eine solche Hausklärgrube wurde auf dem Hofe von M.'s Hôtel besichtigt. Dieselbe bestand aus 2 gemauerten, zementierten Kammern von rechteckigem Querschnitt, welche durch eine Zwischenwand mit Sieb und Ueberfall voneinander getrennt waren. In der zweiten Kammer befand sich der Auslauf nach dem Kanal. Beide Kammern waren mit Eisenplatten abgedeckt; sie zeigten sich mit faulig riechender trüber Flüssigkeit gefüllt.

Die Missstände in den Vorflutern, speziell in den offenen Abführungsgräben, haben nach Mitteilung der Ortsbehörden hauptsächlich zu Klagen ästhetisch-hygienischer Art (Geruchsbelästigungen pp.) Veranlassung gegeben; ausserdem sind hygienische Bedenken bezüglich der Einleitung der Abwässer in den Zierker See erhoben worden, da die Schmutzwassereinleitungen unterhalb der Georgstrasse nicht allzuweit (die nächste ca. 400 m) von den Badeanstalten im See entfernt sind.

Bezüglich des Vorfluters der östlichen Zone, des Feldmarkgrabens, sollen früher Klagen über Ausdünstungen seitens der Stadt Strelitz entstanden sein, auf welchen Anlass hin eine Kläranlage bei der Katholischen Kirche vor 5—6 Jahren angelegt wurde; seitdem sind nach Angabe keine Beschwerden mehr erhoben worden.

Die genannte Kläranlage besteht, wie bei der Ortsbesichtigung festgestellt wurde, aus einem Absitzbrunnen von 1,5 m Durchmesser und ca. 1,5 m Tiefe, in welchem sich die Schlammpumpe befindet; von diesem Brunnen fliesst das Wasser zunächst durch eine ca. 1 m breite Kammer, in welcher sich 3 ca. 0,5 m hohe Siebe von verschiedener Lochung befinden. Nach dem Passieren dieser Siebe gelangt das Wasser in einen Brunnen von 2,5 m Durchmesser, filtriert hier durch eine 0,5 m hohe Koksschicht und gelangt durch eine weitere Kammer von 2 m Länge, welche ebenfalls mit Koks angefüllt ist, nach dem Abflussgraben. Das aus der genannten Kläranlage ablaufende, durch die Kanalmündung in den Feldmarkgraben frei austretende Abwasser war zur Zeit der Besichtigung trübe und von jauchigem Geruch. In dem Trebbower See soll die seitherige Einleitung der

genannten Schmutzwässer nach uns übermittelten Angaben des Fischpächters in Strelitz keine nennenswerten Missstände gezeitigt haben.

Zur Beseitigung der genannten, mit der gegenwärtigen Abwässerbeseitigung verbundenen Missstände wurden die ersten Vorschläge von dem verstorbenen Ingenieur K. gemacht, welche dahin gingen, den Inhalt der Kanäle ohne jegliche Reinigung in den Zierker See einzuleiten. Gegen dieses Projekt erhob die Regierung im Erlass vom 1. August 1903 Bedenken.

Diesem letzteren Rechnung tragend sieht das Projekt des Stadtbaurats K. eine Reinigung durch Rieselfelder vor. Dieses Projekt basiert auf dem Mischsystem. Die Begründung dieses Systems gegenüber dem Trennsystem wird dahin geführt, dass letzteres wegen der doppelten Leitung viel teurer sei, ausserdem eine Trennung der Abwässer in Neustrelitz unzweckmässig sei, weil das von den Höfen abfliessende Regenwasser wegen der vielen offenen Dunggruben stark verunreinigt sei.

Für die abzuführenden Wassermengen werden an Schmutzwässern 100 Liter pro Kopf und Tag zu Grunde gelegt und hieraus bei einer der jetzigen Bebauung entsprechenden durchschnittlichen Bevölkerungsdichtigkeit von 107 Einwohnern pro ha eine Schmutzwassermenge von 0,165 Liter pro ha und sec. berechnet.

K. empfiehlt, die Fäkalien durch die Kanäle mit abzuführen.

Den abzuführenden Regenwassermengen ist entsprechend der Kanalisation von Berlin und Charlottenburg eine stündliche Regenhöhe von 23,7 mm zu Grunde gelegt unter der Annahme, dass ein Drittel des Gesamtniederschlags zum Abfluss gelangt. Mit Rücksicht auf die weniger dichte Bebauung von Neustrelitz wird von dieser Wassermenge nur die Hälfte in Ansatz gebracht; für die engbebauten Teile sind 11 Liter, für die weiter bebauten Teile sogar nur 5,5 Liter pro ha und sec. berechnet.

Von dem Hauptkanal münden 3 Notauslässe in den Zierker See, durch welche die Wässer von der 5fach verdünnten Schmutzwassermenge ab fortgeführt werden. Der erste Notauslass zweigt Ecke See- und Georgstrasse, der zweite Ecke Georg- und Zierkerstrasse, der dritte vom Sandfang der Pumpstation nach dem See ab.

Für die Kanalprofile sind bis 50 cm Lichtweite Steinzeugröhren gewählt. Für den Endkanal ist ein symmetrisch gemauertes Profil von 80 : 50 cm gewählt, dessen Sohle aus einer glasierten Tonschale

von 25,5 cm Radius gebildet werden soll. Kleinere Profile als 24 cm sind nicht gewählt. Das Minimalgefälle der Steinzeugleitungen beträgt 1 : 675, während das Minimalgefälle des gemauerten Kanals bis auf 1 : 1500 herabgeht. Die erforderlichen Profilberechnungen, insbesondere der resultierenden Geschwindigkeiten, sind in dem Erläuterungsbericht nicht enthalten.

Bezüglich der Tiefenlage der Kanäle besitzt die geringste Deckung der Hauptkanal bei der Georgstrasse (nur 1 m); der Kanal selbst hat eine Höhe von 80 cm, sodass an dieser Stelle die Kanalsohle 1,8 m tief unter Terrain zu liegen kommt; der Projektverfasser betont, dass dafür Sorge getragen sei, dass alle Grundstücke nach den öffentlichen Kanälen entwässert werden können.

Zur Spülung der Kanäle wurde, da Wasserleitung zur Zeit der K.'schen Projektaufstellung noch fehlte, ein Spülreservoir am Glambecker See vorgesehen, welches mit maschinell aus dem Glambecker See gehobenem Wasser gespeist werden sollte.

Am Ende des Hauptkanals in der Zierkerstrasse in der Nähe des Mühlteiches ist die Pumpstation mit Sandfang projektiert, welche durch ein 1440 m langes Druckrohr von 250 mm l. W. mittels Gasmotors die Schmutzwässer bis zu 5facher Verdünnung des Trockenwetterabflusses nach den im Norden der Stadt geplanten Rieselfeldern drücken soll.

K. empfiehlt die Reinigung durch Rieselfelder als die vollkommenste und billigste, weil in einer Entfernung von 1400 m von der Stadt vorzüglich geeignetes Terrain (abzuforstender Wald) entweder unentgeltlich oder für geringe Entschädigung erhältlich sei und die gesamten Betriebskosten bei Berücksichtigung des Ertrages der Rieselwirtschaft ausserordentlich geringe würden. Die notwendige Hebung des Wassers nach den Rieselfeldern beträgt 21 m. K. hält eine Aptierung von 10—12 Morgen für den Anfang für ausreichend.

Die einfache Abführung der Abwässer in den Zierker See nach voraufgegangener Abscheidung der Sinkstoffe auf mechanischem Wege hält K. zwar gegenüber dem gegenwärtigen gänzlichen Mangel einer einheitlichen Kanalisation für einen grossen hygienischen Fortschritt, empfiehlt jedoch dringend wegen der seines Erachtens für die Verhältnisse von Neustrelitz sehr geringen Kosten der Rieselung, von vornherein eine vollkommenere Anlage zu schaffen, wie sie durch die Rieselfelder repräsentiert werde. Eine zahlenmässige Angabe der

zu erwartenden Betriebskosten ist in dem Erläuterungsbericht von K. nicht enthalten.

Das Gutachten des Wasserwerksdirektors S. erklärt sich mit dem von K. gewählten Kanalsystem für die Verhältnisse von Neustrelitz einverstanden, soweit es die Tracierung der Kanäle, ihre Lage und Gefällsverhältnisse anbelangt. Nicht einverstanden ist S. mit den Ansätzen für Regenwasser, welche auf Grund der bei der Berliner Kanalisation gemachten Erfahrungen als zu gering betrachtet werden. Der Vorschlag S.'s geht dahin, für die Verhältnisse von Neustrelitz eine Regenwassermenge von 20 secl pro ha in Ansatz zu bringen.

Was die in Frage kommenden Vorfluten angeht, so hält S. die ausser der Einleitung in den Zierker See eventuell in Betracht zu ziehende Einleitung in den Kammerkanal im Süden des Zierker Sees wegen der grossen Entfernung und der erforderlichen Hebung des Wassers für zu teuer. Die Entwässerung des östlichen Stadtteils durch den Feldmarkgraben nach dem Tiefen Trebbower See beurteilt S. dahin, dass auch diese, eventuell in Erwägung zu ziehende Ableitung zu teuer würde; beim Ausbau der Kanalisation und der Einleitung von Fäkalien würde die für diesen Stadtteil gegenwärtig bestehende Kläranlage nicht mehr ausreichen, und deshalb der Bau einer grösseren Kläranlage erforderlich werden, die wegen der unmittelbar angrenzenden Bebauung in entsprechender Entfernung von dieser anzulegen wäre. Die nähere Umgebung bei der katholischen Kirche als Baugebiet wird seitens S.'s für die Anlage einer Klärstation für ungeeignet erachtet; die Ableitung auch durch Absetzen und Sieben gereinigter Abwässer durch einen offenen unbefestigten Graben wird für nicht unbedenklich erklärt.

Die von K. vorgeschlagene Flächenausdehnung der Rieselfelder hält S. für viel zu klein; nach seiner Ansicht unterliegt es keinem Zeifel, dass die beabsichtigten Rieselfelder für 15000 Einwohner, falls man das Wasser nicht noch einer kostspieligen Vorklärung unterwirft, eine Grösse von mindestens 40—60 ha haben müssten.

S. erkennt die Berieselung an sich ebenfalls als die zur Zeit hygienisch einwandfreieste Art an, betont jedoch, dass die Anlagen sich hierfür viel teuer stellen müssen, als von K. berechnet wird; S. schätzt die Anlagekosten zu 300000 M.; die Betriebskosten sind zu 6000 M. jährlich überschlägig berechnet.

Ueber weitere mögliche Reinigungsarten sind in dem S.'schen

Gutachten Betrachtungen angestellt, wonach die chemische Fällung als zu teuer und das biologische Verfahren als noch nicht genügend erprobt erachtet wird. S. hält mit Rücksicht auf die Selbstreinigung der Flüsse die Ableitung nach dem nächsten Wasserlauf für das Nächstliegende; als solcher wird der Kammerkanal in Erwägung gezogen; die Ableitung dorthin hält S., wie schon oben erwähnt, wegen der hohen Kosten jedoch für nicht durchführbar und erklärt als letzten Ausweg die Einleitung in den Zierker See.

Die Bedingungen für diese Einleitung des Abwassers fasst S. wie folgt zusammen: 1. ein sehr sorgfältiges Absitzverfahren, 2. Ausmündung in den See, die mindestens 300 m von den bebauten Teilen des Ufers entfernt ist, 3. das Auslaufrohr bis in die Tiefe des Wassers geführt. Die Vorschläge werden damit begründet, dass schon seit Jahrzehnten mindestens zwei Drittel des Stadtgebiets nach dem See hin entwässern; die Ausmündungen der jetzigen Hauptkanäle lägen unmittelbar an der Stadtgrenze am flachen Wasser zwischen Rohr und Schilf; wenn durch diese Kanäle auch die nächste Nachbarschaft belästigt werde, so seien Belästigungen doch schon in 100 m Entfernung nicht mehr vorhanden, und ein nachweislicher Schaden sei bis jetzt nicht bekannt geworden. S. bezieht sich dann auf eine Untersuchung des Seebodens durch das Kaiserliche Gesundheitsamt (Gutachten vom Frühjahr 1899; siehe oben Einleitung), bei der durchaus nichts bedenkliches gefunden worden sei.

Für die mechanische Reinigung sieht das S.'sche Projekt eine Klärbeckenanlage am nordöstlichen Ufer des Sees bei der Windmühle vor; die Anlage besteht aus 2 Klärbecken von je 100 m Länge, 10 m Breite und $1^1/_2$ m Tiefe, also von einem Gesamtquerschnitt von 30 qm; dieselben sollen eventuell einfach durch Aushebung des Bodens hergestellt werden. Das ankommende Wasser passiert zunächst einen Sandfang, der einen zylindrischen Rost enthält zur Zurückhaltung von Lumpen und Papierresten. Von diesem Sandfang fliesst das Wasser nach den Becken, wird hier zunächst durch Wehrüberfälle gleichmässig verteilt und passiert dann feinere Siebe, die am oberen Ende der Klärbecken angeordnet sind.

Die Einleitung in den See erfolgt durch ein Holzkastenrohr, welches, unter Wasser angeordnet, 30 m in den See geführt werden soll.

Für die für später angenommene Einwohnerzahl von 15000 beträgt die tägliche Abwassermenge unter Zugrundelegung von 100 Liter pro Kopf und Tag 1500 cbm, das Stundenmaximum mit 8% der täglichen

Abwassermenge 120 cbm. Die Geschwindigkeiten im Klärbecken sind für den Trockenablauf zu 0,5 mm im Durchschnitt und für das Stundenmaximum zu 1,1 mm berechnet. Bei stärkstem Regen oder der 5 fach verdünnten Wassermenge beträgt die Geschwindigkeit $5 \cdot 1,1 = 5,5$ mm. Die Wasserfläche der Becken liegt in gleicher Höhe des Sees, welche nach der Landesvermessung auf Kote 58,7, nach K. auf Kote 59,05 N.N. liegen soll. Zum Zwecke des Schlammausbringens sollen die Becken durch Maschinenkraft geleert werden. Die Befestigung der Sohle der Becken sowie ihrer Seitenwandungen ist nur als eventuell ins Auge gefasst. Bei der grossen Breite der Wehre ist der Stau über der Wehrkante bei stärkstem Zufluss zu nur 36 mm berechnet, welches Mass demnach die grösste mögliche Schwankung des Wasserspiegels bedeutet. Der anfallende Schlamm soll auf dem natürlichen Boden ablagern, bis er stichfest wird, und alsdann als Dünger abgefahren werden.

Zusammenfassend gehen die Vorschläge von S. dahin, 1. dass es möglich und empfehlenswert ist, das Kanalnetz der Stadt Neustrelitz unter Beibehaltung der Linienführung und der Gefälle des K.'schen Projektes, aber unter Vergrösserung der nach den Niederschlagsmengen zu berechnenden Querschnitte bis zum unteren Ende der Seestrasse auszuführen, 2. von da ab das Gefälle auf 1 : 1500 zu beschränken, was bezüglich der Abführung des Wassers für den allergrössten Teil der Stadt vollauf genüge. Die Tiefenlage der Kanäle gestatte zwar nicht die Einleitung der Abwässer des Gebiets zwischen Zierkerstrasse und See in den Kanal ohne Zuhilfenahme von Maschinenkraft; sofern dieses Gebiet später stärker bebaut sein werde und der unterirdischen Entwässerung bedürfe, so solle diese auf die Wirtschafts- und Klosettabwässer beschränkt und alles Meteorwasser oberirdisch abgeleitet werden; bis dahin müsse es bei dem gegenwärtigen Zustande sein Bewenden haben. 3. Ein geeigneter Ort zur Anlage einer Klärstation finde sich am See bei der Windmühle zwischen Neustrelitz und Zierke, etwa 300 m von den Häusern entfernt. 4. Eine Behandlung der Abwässer in Klärbecken genüge zunächst; sollte sich später eine Nachreinigung nach dem chemischen oder biologischen Verfahren als nützlich oder notwendig herausstellen, so könne die dazu erforderliche Einrichtung hinzugefügt werden, ohne dass die jetzige Anlage dadurch entwertet werde. Eine Hebung der Abwässer um einige Meter würde ebenso notwendig, wenn man von vornherein

die intermittierenden Filter der biologischen Reinigungswerke anlegte, wie wenn sie später hinzugefügt würden.

Die Anstalt beurteilt die Sachlage ihrerseits auf Grund der vorhandenen Unterlagen wie folgt:

Was zunächst das Kanalsystem anbelangt, so halten auch wir das Mischsystem im vorliegenden Falle für das zweckmässigere. Im allgemeinen gestaltet sich das Trennsystem gegenüber der Mischkanalisation dann billiger, wenn die Beschaffenheit des Vorfluters eine sehr weitgehende Reinigung der Abwässer erfordert, in welchem Fall zur Verringerung der dauernden Betriebskosten die äusserste Herabsetzung der Abwassermengen geboten erscheint. In baulicher Beziehung gestaltet sich die Trennung dann meist vorteilhafter, wenn die Klärstation vom Entwässerungsgebiete verhältnismässig weit entfernt ist, die Meteorwässer dagegen auf kürzestem Wege nach offenen Wasserläufen abgeleitet werden können.

Da, wie im nachfolgenden noch weiter ausgeführt werden wird, diese die eventuelle Wahl des Trennsystems begründenden Faktoren hier nicht zutreffen, so ist es, wenn man zunächst die vorstehenden Kriterien berücksichtigt, das Gegebene, Regen- und Brauchwässer — im bei weitem grössten Teile der Stadt — gemeinschaftlich abzuführen. Für die Wahl des Mischsystems spricht ferner der von K. erwähnte Umstand, dass die Regenwässer durch die Ueberläufe von Dunggruben stark verunreinigt werden.

In dem Gebiet zwischen Zierkerstrasse und See empfiehlt sich jedoch die Ausführung der Entwässerung nach dem getrennten System, weil einerseits die Meteorwässer auf sehr kurzen Wegen in den Strassenrinnsteinen nach dem See geleitet werden können, andererseits weil — wenigstens mit grosser Wahrscheinlichkait — für dieses tiefgelegene Gebiet eine Hebung des Schmutzwassers erforderlich wird, welche letztere bei einem verhältnismässig gleichmässigen Zufluss der geringeren Mengen, wie ihn das getrennte System ergibt, sich einfacher und billiger gestaltet.

Was die Menge der abzuführenden Regenwässer anbetrifft, sind auch wir der Ansicht, dass die von K. gewählten Ansätze zu gering sind. Gegenüber der von S. vorgeschlagenen Regenwassermenge von 20 secl pro ha bemerken wir, dass eine Beurteilung der Frage, ob dieser Ansatz ausreicht, nur auf Grund der Kenntnis

der Häufigkeit und der Höhe der stärksten Regenfälle von Neustrelitz erfolgen kann, über welche in den Unterlagen keine Mitteilungen enthalten sind. Am besten erfolgt die Bestimmung der Abfluss-, Versickerungs- und Verdunstungsmengen durch direkten Versuch, d. h. Messung der abfliessenden Wassermengen an einer der bestehenden Entwässerungszonen in gleichzeitigem Vergleich mit den erfolgenden Niederschlagsmengen.

Die Ansätze der Brauchwassermengen erscheinen mit 100 Liter pro Kopf und Tag ausreichend bemessen.

Dem Vorschlag der beiden Projekte, die Fäkalien in die Kanalisation einzuführen, vermögen wir nur beizutreten, da in hygienischer Beziehung die möglichst rasche Ableitung der Exkremente aus dem Bereich der Wohnstätten von unschätzbarem Werte ist. Die in einer Reihe von Häusern für die Fäkalien eingerichteten Absitz- und Klärgruben würden aufzugeben sein namentlich auch aus dem Grunde, damit die Abwässer in möglichst frischem Zustande zur Ableitung durch die Kanäle gelangen — ein Punkt, welcher in Anbetracht der zu empfehlenden Beseitigungsweise der Abwässer von besonderer Bedeutung ist.

Die ausser dem Zierker See von S. erwähnten Vorflutmöglichkeiten: Einleitung nach dem Kammerkanal, teilweise Entwässerung nach dem Tiefen Trebbower See, finden seitens der Anstalt dieselbe Beurteilung wie seitens S.'s, dessen Ausführungen wir uns anschliessen. Auch wir halten eine einheitliche Entwässerung der Stadt, d. h. Zusammenführung der Abwässer an eine Stelle, für das nach Lage der örtlichen Verhältnisse zweckmässigste, und für die geeignetste Vorflut halten auch wir unter Berücksichtigung aller örtlichen Verhältnisse den Zierker See.

Eine Entwässerung nach zwei Seiten würde die Anlage zweier Klärstationen und späterer doppelter Betriebskosten verursachen; ausserdem würde die bestehende Kläranlage bei der katholischen Kirche für den späteren Ausbau der Kanalisation ohnehin unzureichend sein und durch eine besondere neue Anlage ersetzt werden müssen.

Ohne Zweifel gestaltet sich hiergegen die in den vorliegenden Projekten vorgesehene einheitliche Entwässerung, die durch den Durchstich in der Tiergartenstrasse ermöglicht wird, erheblich einfacher und billiger. Der Bau des Kanals soll zum grössten Teil als Stollen bergmännisch erfolgen, sodass eine Aufgrabung der neugepflasterten Tier-

gartenstrasse nur zu einem geringen Teil erforderlich würde. Die Verlegung dieses Durchstichs etwa in die Strelitzerstrasse ist nicht zu empfehlen, da in diesem Zuge der Höhenrücken fast die doppelte Breite besitzt.

Betreffs der Einzelheiten des Kanalsystems, der Kanalprofile, Gefälle u. s. w. können wir die K.'schen Vorschläge ebenso wie die von S. gutheissen, sofern die Rohrlichtweiten entsprechend grösseren Regenwasserabflussmengen, die unseres Erachtens, wie vorgehend erwähnt, am besten durch den Versuch bestimmt werden, angepasst werden.

Ob die geringe Tieflage des Hauptkanals in der Zierkerstrasse mit nur 1,80 m zur Entwässerung der tiefstgelegenen Gebäuderäume ausreichend ist, vermögen wir nicht zu beurteilen, da uns deren Höhenlagen zur Strassenfläche nicht bekannt sind. Soweit es sich nach Massgabe der im Lageplan eingetragenen Höhenzahlen beurteilen lässt, ist es vielleicht noch möglich, notwendigenfalls den Hauptkanal um ca. 30 cm tiefer zu legen, wodurch eine Tiefenlage der Kanalsohle des Hauptkanals von über 2 m erreicht würde. Die genannte eventuelle Möglichkeit schliessen wir daraus, dass K. bei dem Seeniveau eine Höhenkote von 59,0 zu Grunde legt, während die Landesvermessung 58,7 angibt.

Die Anlage von Notauslässen zur Abführung der durch Regenwässer verdünnten Schmutzwässer über die 5fache Verdünnung hinaus in den See dürfte, wie weiterhin noch begründet werden soll, in letzterem voraussichtlich keine erheblichen Missstände hervorrufen; immerhin empfehlen wir, durch Anlage von Abfangvorrichtungen (durch entsprechende Gestaltung des Auslaufes oder eventuell Einfriedigung mittels Sieben oder Drahtgeflechts) an der Ausmündung der Notauslässe Vorsorge zu treffen, dass Fäkalteile und Papier nicht in den offenen See forttreiben können, sondern innerhalb der angeordneten Abfangvorrichtung zurückgehalten werden, um von hier aus entfernt werden zu können.

Die Grösse des Sees beträgt nach dem Messtischblatt 4,0 qkm; die durchschnittliche Tiefe des Sees beträgt 2 m, sodass sich der Wasserinhalt des Sees auf 8 Millionen cbm beläuft.

Die Zeit, in welcher der Seeinhalt sich erneuert, konnte direkt auf Grund von Messungen der Zu- und Abflüsse nicht bestimmt werden, indem solche uns nicht bekannt gegeben und vermutlich auch nicht vorhanden sind.

Das Niederschlagsgebiet des Sees exkl. Seefläche beträgt nach

einer uns gemachten Mitteilung 29 qkm; die durchschnittliche Regenhöhe pro Jahr beträgt gemäss den in den Unterlagen enthaltenen Regenaufzeichnungen der Jahre 1881—89, also im 9jährigen Durchschnitt, 521 mm.

Hieraus würde sich unter der Annahme, dass innerhalb des eigentlichen Niederschlagsgebietes von 29 qkm 1 Drittel des Gesamtniederschlages zum Abfluss nach dem See gelangt, ergeben, dass sich der Seeinhalt ungefähr einmal innerhalb des Zeitraums eines Jahres erneuert.

Eine Ausbaggerung oder sonstige Reinigung des Sees von Schlamm hat bis jetzt nach Angabe nicht stattgefunden. Allerdings waren die seither in den See geleiteten täglichen Schmutzwassermengen beträchtlich geringer, als es bei einer späteren einheitlichen Entwässerung nach dem See der Fall sein würde; ausserdem erfolgt bisher die Einleitung des nach dem See entwässernden Teils von Neustrelitz — von dem Tiefgebiet unterhalb der Zierkerstrasse abgesehen — wie oben erwähnt, an 3 verschiedenen Stellen. Die zur Zeit an den verschiedenen Einmündungsstellen eingeleiteten Abwassermengen betragen nach unserer überschlägigen Berechnung, entsprechend der Grösse der einzelnen Entwässerungszonen, für die Einleitung des „Kammerkanals“ bei der Insel Helgoland ca. 200 cbm, für die Einleitung unterhalb der Ecke Zierkerstrasse und Georgstrasse bei den Speichern ca. 50—100 cbm und für die Einmündung des Borngrabens ca. 20—30 cbm täglich, sodass die gesamten z. Z. in den Zierker See abfliessenden Abwassermengen zusammen ca. 300 cbm täglich betragen dürften, während unter der Annahme, dass die S.'schen Vorschläge der Einleitung der Gesamtabwässer in den See zur Ausführung gelangen, für späterhin an einer einzigen Stelle die Einleitung von 1500 cbm, allerdings erheblich dünneren und vorgereinigten Wassers in Frage kommen wird.

Für die Beurteilung des von den in den Zierker See eventuell einzuleitenden Abwässern zu fordernden Reinheitsgrades kommt nun nicht nur die Menge und Beschaffenheit der Abwässer in Frage, welche dem See übergeben werden sollen, sondern es sind hier ebenso die Verhältnisse des Sees an sich zu berücksichtigen. Um in letzterer Beziehung Aufschluss zu erhalten, wurden am 17. Juni durch die diesseitigen Sachverständigen aus dem Zierker See sowohl, wie aus dem in den See einmündenden Auslauf des Mühlenteiches, sowie aus dem Beginn des das Seewasser abführenden Kammerkanals eine

Reihe von Proben entnommen. Die Probeentnahmestellen im See, deren Lage aus den Anlagen 1 und 3 hervorgeht, wurde so gewählt, dass zwei von ihnen (VI und VII) in der Nähe der oben genannten gegenwärtigen Abwässereinläufe bei der Insel „Helgoland" bezw. bei den Speichern, weitere drei (I, II und III) auf der Westseite des Sees, eine weitere (V) mitten im See sich befand. An jeder einzelnen Stelle wurden sowohl Wasserproben für die chemische und bakteriologische Untersuchung, wie auch Planktonproben (mit Gazenetz gefischt), endlich Schlammproben entnommen. Während der Probenahme (am Nachmittag des 17. Juni) herrschte steifer Südsüdwest-Wind, welcher das Wasser des Sees ziemlich stark aufrührte.

Was die Resultate der Untersuchungen angeht (vergl. Anlage 1 und 2), so hat die chemische Prüfung des an den verschiedenen Entnahmestellen geschöpften Wassers im ganzen keine wesentlichen Unterschiede ergeben. Ammoniak fand sich überall in Spuren, Salpetersäure fehlte überall, Nitrit fand sich an einigen Entnahmestellen in Spuren, Schwefelwasserstoff nirgends. Der Chlorgehalt war an allen Entnahmestellen nahezu gleich; nur an den Entnahmestellen in der Nähe der Abwassereinläufe (VI und VII) um ein geringes höher. Allen aus dem See geschöpften Proben ist ein verhältnismässig hoher Kaliumpermanganatverbrauch (Gehalt an organischer Substanz) eigentümlich. Ohne Zweifel ist diese Eigenschaft des Seewassers nicht allein auf Verunreinigungen, die in das Wasser gelangen, zu beziehen, sondern im Wesentlichen auf die moorige Beschaffenheit des durch zahlreiche Wiesengräben im Norden und Westen dem See zugeführten Wassers. (Nach der Angabe des Messtischblattes finden sich in der Umgebung des Sees zahlreiche Torfstiche.)

Im Gegensatz zu dem Wasser des Sees zeigte das aus dem Auslauf des Mühlenteiches geschöpfte Wasser einen geringeren Kaliumpermanganatverbrauch.

Als verschmutzt im Sinne der üblichen Beurteilung ist nach der chemischen Untersuchung keine einzige der aus dem See geschöpften Wasserproben zu bezeichnen, auch diejenigen Proben nicht, welche in der Nähe der gegenwärtigen Abwassereinläufe geschöpft wurden.

An dieser Stelle muss bemerkt werden, dass die bei unseren chemischen Untersuchungen gewonnenen Zahlen mehrfach von denjenigen abweichen, welche im Frühjahr 1899 seitens des Kaiserlichen Gesundheitsamtes ermittelt wurden. Auch damals wurden die Entnahmestellen über die verschiedenen Teile des Sees verteilt. Die

Höhe des in den Proben damals festgestellten Abdampfrückstandes entspricht nun zwar etwa dem bei unseren Untersuchungen ermittelten. Die Werte für den Glühverlust, für den Sauerstoff- (Kaliumpermanganat-) Verbrauch sowie die Chlorzahlen wurden jedoch im Jahre 1899 durchgängig viel niedriger gefunden, als es bei unseren Untersuchungen der Fall war.

Welche Ursachen dieser Differenz zu Grunde liegen, vermögen wir nicht mit Sicherheit zu sagen. Nicht ohne weiteres abzuweisen ist die Vermutung, dass die bei unseren Untersuchungen im Juni 1904 gewonnenen höheren Zahlen auf eine Abnahme des Reinheitsgrades des Seewassers gegenüber dem 1899 festgestellten Zustande zu beziehen sind, bedingt durch die dauernde Zufuhr von Schmutzstoffen in den See.

Die bei der von der Anstalt ausgeführten bakteriologischen Untersuchung des Wassers erhaltenen Keimzahlen halten sich alle in niedrigen Grenzen, mit Ausnahme der Proben VII und VIII. Probe VII, welche in der Nähe der oben genannten Abwassereinläufe, ca. 20 m vom Ufer entfernt, geschöpft wurde, besass 11400 Keime im ccm; Probe VIII aus dem Ausflussgraben des Mühlenteiches (in welchen, wie oben gesagt, der Abwasser führende Borngraben mündet) hatte 14 000 Keime im ccm. Ohne Zweifel sind diese Zahlen, die sich so sehr hoch über die Keimzahlen der übrigen Proben erheben, auf die Wirkung des an diesen Stellen in den See eintretenden Abwassers zu beziehen. Zu betonen ist, dass in den aus dem See geschöpften Planktonproben, auch in der Nähe der Abwassereinläufe, nirgends für Verschmutzung sprechende Organismen (Saprobien) in irgendwie bemerkenswerter Menge gefunden wurden. Nur die aus dem Auslauf des Mühlenteiches geschöpfte Wasserprobe (No. VIII) zeigte im Plankton Organismen, welche für eine gewisse Verschmutzung durch Abwasser sprechen (Beggiatoa alba, Anthophysa vegetans, Carchesium lachmanni). Im übrigen zeigte das Plankton viel Polycystis (Wasserblüte), sowie eine grosse Reihe von lebenden Organismen-Spezies, welche aus Anlage 2 zu ersehen sind.

Was die entnommenen Schlammproben angeht, so zeigten dieselben sämtlich einen mehr oder weniger stark modrigen Geruch; bei der Untersuchung fanden sich überall neben ziemlich viel kohlensaurem Kalk lebende Organismen (siehe Tabelle, Anlage 2); für Verschmutzung durch Abwasser sprechende Organismen fanden sich in

bemerkenswerter Menge auch hier nur in Probe VIII (Auslauf des Mühlenteiches).

Die Ergebnisse zeigen, dass das Wasser des Zierker Sees durch die gegenwärtig bestehenden Abwässereinläufe bisher nicht in irgendwie bemerkenswerter Weise verschmutzt wird; nur in nächster Nähe der Einläufe sind sichere Anzeichen von Verschmutzung nachzuweisen: die eingeführten Schmutzstoffe werden durch die Flora und Fauna des Sees verhältnismässig schnell unschädlich gemacht bezw. aufgezehrt.

Was nun die Frage angeht, welcher Reinheitsgrad von den in den Zierker See einzuleitenden Abwässern nach diesen Feststellungen zu verlangen ist, so können in dieser Beziehung die Verhältnisse, wie sie bei der Abwässerbeseitigung von Schwerin beobachtet worden sind, einen gewissen Anhalt gewähren. Die Kanalwässer von Schwerin, welche sich aus den Hauswässern (ohne Abortinhalt) und den Regenwässern zusammensetzen, werden zum grössten Teil, nämlich in einer täglichen Menge von 2000 cbm, in den grossen Schweriner See eingeleitet (siehe Ohlmüller, „Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamt“ Bd. 14, 1898, S. 453 ff.; Bd. 20, 1903, S. 243 ff.). Eine Reinigung der Wässer findet nur insofern statt, als die gröbsten Sink- und Schwimmstoffe durch Absitzkästen in den Kanälen bezw. durch Gitter an deren Mündungen zurückgehalten werden. Die Verhältnisse des grossen Schweriner Sees sind im übrigen ähnliche wie die des Zierker Sees. Die Tiefe an den in Frage kommenden Stellen beträgt durchschnittlich 2,4 m. Der grosse Schweriner See hat nun zwar eine ganz erheblich viel grössere Flächenausdehnung als der Zierker See; in beiden Fällen aber handelt es sich um annähernd stillstehende Wässer, sodass für die Frage der durch die einzuleitenden Abwässer auf die Verhältnisse des Sees zu erwartenden Wirkungen wesentlich die Verhältnisse der näheren Umgebung der Einleitungsstelle in Frage kommen. Die Kanalwässer von Schwerin werden seit dem Jahre 1893 eingeleitet. Die Ausmündungsstelle des Hauptsieles befindet sich etwa 80 m vom Ufer entfernt. Eine im Jahre 1902 seitens des Kaiserlichen Gesundheitsamtes vorgenommene Untersuchung des Sees vermochte hygienische Nachteile, die sich infolge der Einleitung der Kanalwässer in den See geltend gemacht hätten, nicht festzustellen. Zu bemerken ist, dass im Jahre 1896, d. h. nach 3 jährigem Bestehen der Einleitung, eine Ausbaggerung des um die Einlaufstelle herum

auf dem Seegrunde angesammelten Schlammes stattgefunden hat; es wurden damals 531 cbm nasser Schlamm entfernt, welche sich auf eine Fläche von etwa 8000 qm verteilten und im Durchschnitt 10 cm Höhe (in maximo 30 cm) aufwiesen. Die Untersuchung im Jahre 1902 ergab einen Radius der Ausdehnung der Schlammablagerung von etwa 55 m. Nach dem Urteil des Kaiserlichen Gesundheitsamtes dürfte eine etwa alle 5 Jahre geschehende Ausbaggerung des Schlammes in Schwerin ausreichen, um hygienische Missstände auf die Dauer zu verhüten.

Die Verhältnisse in Neustrelitz sind nun allerdings insofern andere, als die Fäkalien in die Kanäle aufgenommen werden sollen. Die hierdurch gegebene erhöhte Belastung des Abwassers mit Schmutzstoffen ist nach allen unseren Erfahrungen aber eine verhältnismässig geringe: Nach J. König (Die Verunreinigung der Gewässer, 2. Aufl. Berlin, Bd. 2. 1899. S. 8) beträgt — im Mittel der Untersuchungen bei einer Reihe grösserer Städte — der Gehalt des Kanalwassers an organischen, zersetzlichen Stoffen (mg im Liter)

	Schwebestoffe	gelöst
mit Anschluss von Spülaborten . . .	446	365
ohne Anschluss von Spülaborten . . .	346	313

Andererseits ist bei dem Vergleiche von Schwerin und Neustrelitz wesentlich, dass bei der Verwendung von Klärbecken, wie eine solche in dem S.'schen Projekte vorgesehen wird, eine ganz erheblich weitergehende Vorreinigung der Abwässer stattfinden wird, als sie gegenwärtig in Schwerin statthat; auch die Quantität der in den Zierker See einzuführenden Abwässer ist eine nicht unerheblich geringere als die in den grossen Schweriner See eingeleitete.

Was die Frage der Verwendung des Wassers des Zierker Sees angeht, so findet nach Angabe eine Wasserentnahme zu Trink- und Wirtschaftszwecken an dem ganzen Zierker See nicht statt, und auch an dem das Seewasser abführenden Kammerkanal finden sich Wohnstätten nicht. Die an dem Zierker See gelegenen Neustrelitzer Badeanstalten sind von der projektierten Einlaufstelle der Abwässer nahezu 1 km entfernt; von den bebauten Teilen des Ufers hält sich die letztere nach Massgabe des Projekts 300 m entfernt. Schiffsverkehr findet nach Angabe auf dem Zierker See nur zwischen dem Kammerkanal und der Landungsstelle bei Insel „Helgoland" statt. Nach Angabe des Staatskalenders kommen im Jahre etwas über 100 Schiffe und zwischen 300—400 Flossholzplätze in Betracht.

Diese Verhältnisse des Zierker Sees, ferner die tatsächlichen auf den See bezüglichen Feststellungen der Anstalt sowie die oben genannten Beobachtungen des Kaiserlichen Gesundheitsamtes an dem grossen Schweriner See lassen den Schluss zu, dass für die in den Zierker See einzuleitenden Abwässer der Stadt Neustrelitz (Regen- und Brauchwässer mit Einschluss der Fäkalien) ein Reinigungsgrad, wie er durch die in dem S.'schen Projekte vorgesehene Klärung in Klärbecken erzielt werden wird, zur Vermeidung von hygienischen und ästhetischen Missständen in dem Vorfluter mit aller Wahrscheinlichkeit ausreichen wird. Voraussetzung hierfür ist, dass die Einleitung an der von S. projektierten Stelle geschieht, dass ferner die Ausmündung des Einleitungsrohres genügend weit in den See hineingelegt wird und dass in genügend kurzen Zeiträumen, deren Länge durch die Erfahrung zu ermitteln wäre, der Schlamm um die Ausmündung des Rohres herum ausgebaggert wird. Zu verlangen ist weiter, dass die Beimischung von Krankheitserregern zu den Kanalwässern (wie sie in den Ausleerungen bei gelegentlich etwa auftretenden Fällen von Typhus, Ruhr und Cholera vorhanden sind) dadurch tunlichst vermieden wird, dass dieselben bereits am Orte ihrer Entstehung, d. h. am Krankenbett, unschädlich gemacht werden. Damit dies geschehen kann, ist eine geordnete Anzeigepflicht für die fraglichen Krankheiten einzuführen, welche sich nicht allein auf die ausgesprochenen, sondern auch auf die nur verdächtigen Fälle zu erstrecken hat. Alsdann kann von einer ständigen Desinfektion der Gesamtabwässer abgesehen werden. Trotzdem ist es vom hygienischen Standpunkte zu fordern, dass die Möglichkeit einer Gesamtdesinfektion durch entsprechende Einrichtungen vorgesehen wird. Dieselbe würde allerdings nur für den Fall eventueller Epidemien, in welchen die lokale Desinfektion versagt, in Frage kommen.

Auch gegen die in den vorliegenden Projekten aufgestellten Notauslässe sind unter Berücksichtigung des Vorstehenden sowie unter Voraussetzung der Schaffung der oben genannten Vorrichtungen für die Abfangung von groben Schwimmstoffen an den Ausmündungsstellen Einwendungen nicht zu erheben.

Die von S. projektierte Klärbeckenanlage halten wir, was die Situation derselben sowie die Anordnung der Vorreinigung und der Absiebung anbetrifft, für zweckmässig. Sämtliche Siebe empfehlen auch wir herausnehmbar anzuordnen.

Die für die Absiebung günstigste Weite der Sieblöcher bestimmt man am besten durch den späteren Versuch.

Für nicht vorteilhaft halten wir die grosse Länge der Becken, die gemäss der dem Projekte beigegebenen Skizze (Blatt 3) 100 m beträgt; auch die vorgesehene geringe Durchflussgeschwindigkeit (1,1 mm für den Trockenwetterabfluss, 5,5 mm für den Regenabfluss) ist nicht zweckmässig. Wenngleich nämlich zwar der Kläreffekt im allgemeinen um so grösser ist, je geringer die Durchflussgeschwindigkeit, so hat jedoch dieser mit der Verringerung der Geschwindigkeit verbundene Vorteil in der Praxis insofern eine gewisse Grenze, als — wie neuerdings wieder Versuche in Cöln gezeigt haben[1]) — z. B. die Kläreffekte bei 4 mm und bei 20 mm Durchflussgeschwindigkeit nur wenig von einander verschieden sind: in dem ersteren Falle wurden 72 %, in dem letzteren 69 % der suspendierten Bestandteile aus dem städtischen Abwasser entfernt. Wir würden deshalb für Neustrelitz empfehlen, die Becken von einem solchen Querschnitt anzulegen, dass für den Trockenwetterabfluss eine Durchflussgeschwindigkeit von ca. 4 mm erzielt wird; für den Abfluss bei stärkstem Regen käme dann eine Geschwindigkeit von 20 mm heraus. Zu betonen ist, dass die genannten Kläreffekte in Cöln an Becken von nur 45 m Länge erreicht worden sind. Auch für Neustrelitz würden wir empfehlen, über diese Beckenlänge nicht hinauszugehen. Es ist damit der weitere Vorteil verbunden, dass die Aufenthaltsdauer des Abwassers in den Becken entsprechend verringert wird, und dass sonst, namentlich bei warmem Wetter zu gewärtigende Fäulnisvorgänge in den Becken, welche erfahrungsgemäss erstens den Kläreffekt bezüglich der ungelösten Stoffe wesentlich herabsetzen, zweitens auch die Qualität des dem Vorfluter zu übergebenden Abwassers bezüglich der gelösten Substanzen schädigend beeinflussen, möglichst vermieden werden. Unter Zugrundelegung einer Beckenlänge von 45 m und einer durchschnittlichen Durchflussgeschwindigkeit von 4 mm würde sich unter der Voraussetzung von 1500 cbm Trockenwetterabfluss pro Tag und einem Stundenmaximum von 120 cbm der mittlere Querschnitt für jedes Becken zu 8,33 qm berechnen, wenn stets nur ein Becken im Betriebe ist. Die Aufenthaltsdauer des Wassers in den Becken beträgt unter

1) Steuernagel, Die Probekläranlage zu Cöln-Niehl usw. Mitteilungen aus der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung, Heft 4, 1904, S. 1 ff.

diesen Umständen nur 3 Stunden 7 Min. im Gegensatz zu 25 Stunden 15 Min. Aufenthaltsdauer, wie sie die Projektaufstellung — bei gleichzeitigem Betriebe der beiden Becken — ergeben würde. Bezüglich der zweckmässigsten Gestaltung der Becken (Ansteigen der Sohle nach dem Auslauf zu u. s. w.) verweisen wir auf die oben citierte Steuernagelsche Abhandlung. Am Einlauf in das Klärbecken würde zweckmassig ein vertiefter Schlammsumpf angeordnet, aus welchem die Entfernung des Schlammes auf einfache Weise maschinell bewirkt werden kann, wodurch eine Entleerung des gesamten Beckeninhaltes entbehrlich wird. Die Befestigung der Klärbeckenwände und -sohle würden wir, bei den geringeren Abmessungen, wie vorerwähnt vorgeschlagen, alsbald empfehlen.

Mit der von S. vorgeschlagenen Schlammbehandlung und Verwendung des Schlammes für die Landwirtschaft können wir uns nur einverstanden erklären.

Die Ausmündung des Einleitungsrohres in den See wird, unter Zugrundelegung der oben citierten, bei Schwerin gemachten Erfahrungen, nicht 30 m, wie S. vorschlägt, sondern etwa 75 m vom Ufer entfernt anzuordnen sein.

Wenn die Anstalt bezüglich der Behandlung der Neustrelitzer Abwässer zu dem Ergebnis gelangt, dass eine Einleitung derselben in den Zierker See nach vorheriger Behandlung in Klärbecken nach Lage der Verhältnisse zulässig und zur Vermeidung von hygienischen und ästhetischen Missständen unter den genannten übrigen Bedingungen der Behandlung ausreichend sein dürfte, so kann dieses Urteil jedoch nur unter einem gewissen Vorbehalt abgegeben werden. Wir halten es für durchaus erforderlich, dass die Wirkung der Kläranlage dauernd von sachverständiger Seite überwacht wird, und dass ebenso die Verhältnisse des Sees in der Umgebung der Einleitungsstelle einer regelmässigen Kontrolle unterstellt werden. Auf diese Weise werden sich Missstände, welche etwa gegen die Erwartung auftreten sollten, am ersten bemerklich machen, sodass eine rechtzeitige Abhilfe erfolgen kann. Sollte sich bei dieser regelmässigen Ueberwachung der Verhältnisse zeigen, dass die genannte mechanische Reinigung der Abwässer auf die Dauer nicht ausreicht, so würde dann ein weitergehendes Reinigungsverfahren notwendig werden. Hier würde in erster Linie die Frage der Reinigung durch Rieselfelder in Erwägung zu ziehen sein. Seiner Beschaffenheit nach günstiges Gelände findet sich, wie oben gesagt, in mässiger Entfernung von der Stadt und

würde nach Angabe der Stadt unentgeltlich zur Verfügung stehen. Das Gelände liegt aber erheblich höher als die Ausmündung des Hauptsammelkanals, und das Abwasser müsste also bei der Einführung des Rieselverfahrens gepumpt werden.

Auf dem genannten Gelände sieht auch das oben besprochene Projekt von K. die Anlage von Rieselfeldern vor. Die Grösse der von K. vorgesehenen Rieselfelder beträgt 8,6 ha nach Blatt 1 (vergl. Anlage 3); für die erste Anlage hält K. eine Aptierung von 10 bis 12 Morgen (ca. 3 ha) für sicher ausreichend.

Diese Flächen halten wir in Uebereinstimmung mit S. für viel zu klein. Selbst bei weitgehendster Vorreinigung sollte die Grösse der Rieselflächen für 15000 Einwohner nicht unter 40—60 ha, wie von S. bereits vorgeschlagen, gewählt werden.

Die Gesamtanlagekosten für die Rieselfelder — Einzelberechnungen liegen uns nicht vor — erscheinen uns ebenfalls zu niedrig bemessen.

Statt der Reinigung durch Berieselung könnte in dem Fall, dass eine weitergehende Reinigung der Kanalwässer zu fordern wäre, als sie durch die Behandlung im Klärbecken gegeben ist, auch die Behandlung mit dem künstlichen biologischen Verfahren in Frage kommen; bei zweckmässiger Gestaltung der entsprechenden Anlage und bei zweckentsprechendem Betrieb würden sich bei den in Neustrelitz vorliegenden Abwässern, welche — mit Ausnahme der Abwässer des Schlachthauses — industrielle Abgänge nicht beigemengt enthalten, ähnliche Reinigungseffekte wie durch die Berieselung erzielen lassen. Eine besondere Rücksichtnahme bezüglich der Fernhaltung der bezüglichen Krankheitserreger von den Kanalwässern würde jedoch bei der künstlichen biologischen Behandlung der Wässer ebenso zu fordern sein, wie bei der nur mechanischen Behandlung, und ausserdem ist zu betonen, dass auch bei der Verwendung des künstlichen biologischen Verfahrens eine gewisse Hebung der Wässer (ca. 3 m) notwendig werden würde, allerdings eine erheblich geringere als bei Verwendung des für den Rieselbetrieb in Betracht kommenden Geländes (ca. 21 m).

Zutreffend erscheinen uns die Ausführungen S.'s, welche besagen, dass, sofern später eine weitergehende Reinigung — wie vorstehend ausgeführt — erforderlich wird, die entsprechende Reinigungsanlage ohne weiteres der mechanischen Reinigungsanlage angegliedert werden kann; in dieser Beziehung möchten wir hinzufügen, dass eine

mechanische Reinigung in den meisten Fällen zweckmässig der betreffenden in Frage kommenden weitergehenden Klärungsmethode vorausgeschickt wird. Da die S.'sche Anlage in der Nähe der von K. gedachten Pumpstation projektiert ist, würde sich bei einer späteren Anlage von Rieselfeldern die Vereinigung beider u. E. sehr zweckmässig gestalten lassen.

Zusammenfassend kommen wir zu dem Ergebnis:

1. Es empfiehlt sich für Neustrelitz — mit Ausnahme des kleinen Gebietes zwischen Zierkerstrasse und See — die Zusammenführung der sämtlichen Abwässer in einen Hauptsammler, bezw. an eine Stelle (im Nordosten des Zierker Sees), wie in den Projekten von K. und S. bereits vorgesehen. Das genannte kleine Gebiet würde wegen seiner Tieflage und seiner Nähe zum See zweckmässig nach dem Trennsystem zu entwässern sein.
2. Auf Grund der durch die Anstalt ausgeführten Untersuchung des Zierker Sees, ferner auf Grund der Erfahrungen, wie sie seitens des Kaiserlichen Gesundheitsamtes bei der Abwässerbeseitigung von Schwerin bekannt gegeben sind, erscheint die Einleitung der Abwässer in den Zierker See an der von S. vorgeschlagenen Stelle nach vorhergegangener mechanischer Reinigung durch Absiebung und Klärung in Klärbecken zunächst als ausreichend. Bedingung hierfür ist, dass die Abwässer in möglichst frischem Zustande zur Klärung bezw. Einleitung in den See gelangen. Die bestehenden, den Kanälen vorgeschalteten Klärgruben in den Häusern sind aufzugeben.
3. Das Einleitungsrohr wird zweckmässig bis etwa 75 m in den See hinein verlegt.
4. Für eine regelmässige Entfernung des in dem See abgelagerten Schlammes (durch Ausbaggern) in der Umgebung der Ausmündung des Rohres ist Sorge zu tragen. Die Zeiträume, in denen diese Ausbaggerungen regelmässig vorzunehmen sind, werden sich aus der Erfahrung ergeben.
5. Für eine möglichste Fernhaltung von Krankheitserregern von dem städtischen Abwasser ist durch entsprechende Massnahmen (geordnete Anzeigepflicht für bezügliche Krankheiten, die sich auch auf die nur verdächtigen Fälle erstrecken

muss, Desinfektion an Ort und Stelle des einzelnen Falles) Sorge zu tragen. Die Möglichkeit einer Gesamtdesinfektion der Wässer ist daneben — für den Fall von Epidemien — vorzusehen.

6. Eine ständige Ueberwachung der Wirksamkeit der Kläranlage, ebenso eine ständige Kontrolle der Beeinflussung des Seewassers durch die eingeleiteten Abwässer ist einzuführen, um etwa gegen die Erwartung auftretende Missstände möglichst schnell aufdecken zu können. Sollte sich hierbei ergeben, dass das vorgeschlagene mechanische Reinigungsverfahren auf die Dauer zur Fernhaltung von Missständen nicht ausreicht, so würde eine weitergehende Reinigung der Wässer in Frage kommen, und zwar wäre hier an erster Stelle das Rieselverfahren in Erwägung zu ziehen; an zweiter Stelle käme hier auch das künstliche biologische Verfahren in Frage.

Berlin, den 30. September 1904.

Tabelle

betreffend

physikalisch-chemische Untersuchungsergebnisse der aus dem Zierker See bei Neustrelitz am 17. Juni 1904 entnommenen Wasserproben.

No. des Probeneinlauf-journals	Bezeichnung der Probe	Zeit der Entnahme		Temperatur in °C.		Aeussere Beschaffenheit bei der Entnahme				
		Tag	Stunde	des Wasser	der Luft	Klarheit	Durchsichtigkeit in cm	Farbe	Geruch	Bodensatz (Menge, Farbe usw.)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
467	I. Bei Zierke ca. 300 m vom Ufer.	17. 6. 1904	Zwischen 2 und 4 Uhr.	21	20	Schwach trübe.	—	Schwach gelblich.	Schwach moorig.	Ziemlich viel gelbgrau, fein flockig.
468	II. ca. 200 m von der Mitte des westlichen Ufers.	17. 6. 1904	Zwischen 2 und 4 Uhr.	21	25	Schwach trübe.	—	Gelblich.	Schwach moorig.	In geringer Menge, gelbgrau, feinflockig.
469	III. ca. 25 m von der Insel in der SW.-Ecke des Sees.	17. 6. 1904	Zwischen 2 und 4 Uhr.	21,5	23,5	Schwach trübe.	—	Gelblich.	Schwach moorig.	In geringer Menge, gelbgrau, feinflockig.
470	IV. Kammerkanal, ca. 50 m vom See entfernt.	17. 6. 1904	Zwischen 2 und 4 Uhr.	—	—	Schwach trübe.	—	Gelblich.	Schwach moorig.	In geringer Menge, gelbgrau, feinflockig.
471	V. Mitte des Sees.	17. 6. 1904	Zwischen 2 und 4 Uhr.	21	23	Schwach trübe.	—	Gelblich.	Schwach moorig.	Ziemlich viel, gelbgrau, feinflockig.
472	VI. Vor den Badeanstalten (ca. 100 m davon entfernt).	17. 6. 1904	Zwischen 2 und 4 Uhr.	21	23	Schwach trübe.	—	Gelblich.	Schwach moorig.	In geringer Menge, gelbgrau, feinflockig.
473	VII. Bei „Helgoland“, ca. 20 m vom Ufer.	17. 6. 1904	Zwischen 2 und 4 Uhr.	21	23	Schwach trübe.	—	Gelblich.	Schwach moorig.	In geringer Menge, gelbgrau, feinflockig.
474	VIII. Ausflussgraben des Mühlenteiches.	17. 6. 1904	Zwischen 2 und 4 Uhr.	21	22,5	Schwach opaleszierend.	—	Schwach gelblich.	—	Vereinzelte graue Flocken.

Reaktion	Analyse: In 1 Liter sind enthalten mg													Verbrauch von Kaliumpermanganat mg pro 1 Liter	Anzahl d. entwicklungsfähigen Keime in 1 ccm	Freier Sauerstoff, ccm pro 1 Liter
	Im unfiltrierten Wasser		Im filtrierten Wasser													
	Suspendierte Stoffe		Schwefelwasserstoff	Abdampfrückstand		Chlor	Gesamt-	Ammoniak-	Nitrat-	Nitrit-	organischer	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)			
	Gesamt	Glühverlust		Gesamt	Glühverlust		Stickstoff									
12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
Schwach alkalisch.	35	14	0	263	66	42	—	Spuren	0	0	—	74	12	73	180	5,6
Schwach alkalisch.	29	18	0	272	67	45	—	Spuren	0	0	—	75	8	68	156	6,5
Schwach alkalisch.	43	30	0	262	65	45	—	Spuren	0	Spuren	—	72	12	65	188	5,2
Schwach alkalisch.	37	23	0	264	77	46	—	Spuren	0	Spuren	—	89	14	63	202	5,7
Schwach alkalisch.	40	30	0	267	50	46	—	Spuren	0	0	—	74	10	61	154	4,9
Schwach alkalisch.	48	23	0	271	59	44	—	Spuren	0	0	—	74	13	64	88	5,5
Schwach alkalisch.	55	26	0	267	61	44	—	Spuren	0	Spuren	—	72	14	58	11400	5,8
Schwach alkalisch.	6	4	0	280	33	46	—	Spuren	0	Spuren	—	98	16	31	14000	4,2

Ergebnisse

der

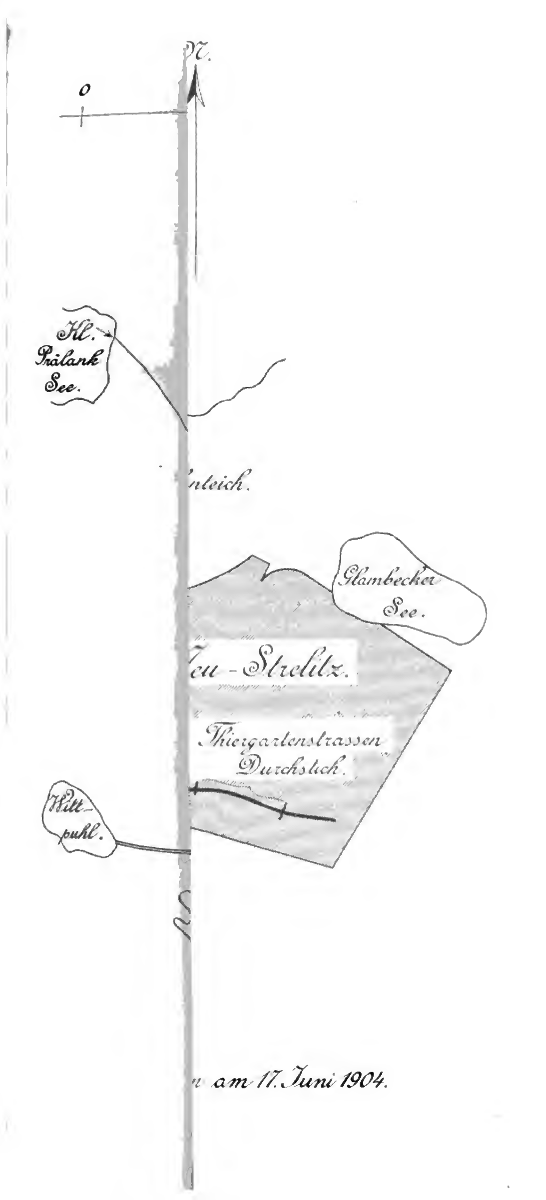
mikroskopischen Untersuchung der aus dem Zierker See bei Neustrelitz am 17. Juni 1904 entnommenen Wasser-, Plankton- und Schlammproben.

Entnahmestelle	No.	Wasserproben
I. Bei Zierke ca. 300 m vom Ufer.	467	Kohlensaurer Kalk reichlich, Organischer Detritus reichlich, Bosmina coregoni } vereinzelt. Beggiatoa alba } vereinzelt. Phacotus lenticularis } vereinzelt.
II. ca. 200 m von der Mitte des westlichen Ufers.	468	Kohlensaurer Kalk reichlich, Organischer Detritus ziemlich viel, Pediastrum Species vereinzelt.
III. ca. 25 m von der Insel in der SW.-Ecke des Sees.	469	Kohlensaurer Kalk ziemlich reichlich, Panzer von Bosmina cornuta } vereinzelt. " " " coregoni } vereinzelt. Pediastrum } vereinzelt. Scenedesmus quadricauda } vereinzelt.
IV. Kammerkanal, ca. 50 m vom See entfernt.	470	Kohlensaurer Kalk ziemlich viel, Pediastrum Species } einzeln. Synedra ulna } einzeln. Cyclotella comta } einzeln. Cladothrix dichotoma } einzeln.

Planktonproben	No.	Schlammproben
Polycystis aeruginosa viel, Bosmina coregoni sehr viel, Cyclops, Hyalodaphnia, Chydorus sphaericus: vereinzelt, Pediastrum Species (pectusum, Boryanum tetras ziemlich viel), Nitzschia sigmoidea, Diatomeenstiele: vereinzelt, Kohlensaurer Kalk ziemlich viel.	475	Kohlensaurer Kalk viel, Cyclops vereinzelt, Bosmina coregoni (Panzer) viel, Melosira granulata, Scenedesmus quadricauda, Beggiatoa alba: vereinzelt.
Polycystis aeruginosa viel, Bosmina coregoni sehr viel, Hyalodaphnia, Chydorus sphaericus: vereinzelt, Anuraea aculeata vereinzelt, Pediastrum Species ziemlich viel, Staurastrum gracile, Melosira tenuis, Cymatopleura solea, Synedra ulna, Diatomeenstiele, Cladothrix dichotoma: vereinzelt, Viele Bakterien, Kohlensaurer Kalk, Organischer Detritus: ziemlich viel.	476	Kohlensaurer Kalk viel, Bosminapanzer viel, Diatomeenpanzer, z. B. von Pleurosigma acuminatum, Pleurosigma attenuatum, Epithemia sorex, Synedra ulna; Spongillennadeln, Pinuspollen, Beggiatoa alba: verhältnismässig vereinzelt.
Polycystis aeruginosa viel, Bosmina coregoni sehr viel. Chydorus sphaericus vereinzelt, Pediastrum Species ziemlich viel, Staurastrum gracile, Cymatopleura solea, Surirella splendida, Nitzschia sigmoidea, Diatomeenstiele: vereinzelt, Viele Bakterien.	477	Kohlensaurer Kalk viel, Tubificiden nicht selten, Cymbella lanceolata, Pleurosigma attenuatum, Synedra ulna, Surirella splendida, Scenedesmus quadricauda, Selenastrum acuminatum, Cosmarium-Schalen, Spongillennadeln: verhältnismässig vereinzelt.
Polycystis aeruginosa, Bosmina coregoni, Chydorus sphaericus: viel, Dyaptomus vereinzelt, Pediastrum Species, Scenedesmus quadricauda: ziemlich viel, Melosira tenuis, Epithemia sorex (Schalen), Nitzschia sigmoidea, Cyclotella comta, Cladothrix dichotóma: vereinzelt, Viele Bakterien, Pinuspollen vereinzelt, Kohlensaurer Kalk, Organischer Detritus: ziemlich viel.	478	Kohlensaurer Kalk viel, Pflanzenreste in geringer Menge, Panzer von Bosmina coregoni viel, Pleurosigma acuminatum, Pediastrum Species, Beggiatoa alba: verhältnismässig vereinzelt.

Entnahmestelle	No.	Wasserproben
V. Mitte des Sees.	471	Kohlensaurer Kalk reichlich. Organischer Detritus, Panzer von Bosmina coregoni } Pinuspoilen } vereinzelt. Cyclotella comta }
VI. Vor den Bade-anstalten (ca. 100 m davon entfernt).	472	Kohlensaurer Kalk reichlich, Panzer von Bosmina coregoni } Beggiatoa alba } Pediastrum Species } vereinzelt. Scenedesmus quadricauda } Cyclotella comta }
VII. Bei „Helgoland“, ca. 20 m vom Ufer.	473	Kohlensaurer Kalk reichlich, Organischer Detritus, Panzer von Bosmina coregoni } „ „ Anuraea cochlearis } Schalen von Cymbella lanceolata } Cymatopleura elliptica } Synedra ulna } vereinzelt. Scenedesmus quadricauda } Pediastrum borganum } Spirochaete plicatilis }
VIII. Ausflussgraben des Mühlenteiches.	474	Kohlensaurer Kalk } Organischer Detritus } reichlich. Bosmina coregoni } Chydomus sphaericus } lebend, vereinzelt, Spirogyra crassa ziemlich viel, Melosira varians } Cymbella lanceolata (Schalen) } Chlamyarthrix ferruginea } Cladothrix dichotoma } vereinzelt, Beggiatoa alba } Anthophysa vegetans } Carchesium Lachmanni einzeln.

Planktonproben	No.	Schlammproben
Polycystis aeruginosa viel, Bosmina coregoni viel, Chydorus sphaericus Hyalodaphnia } vereinzelt, Nauplius Pediastrum Species ziemlich viel, Cyclotella comta Pinnularia nobilis } vereinzelt, Diatomeenstiele Viele Bakterien Kohlensaurer Kalk } ziemlich viel. Organischer Detritus	479	Wenig Bodensatz, Kohlensaurer Kalk ziemlich viel, Bosmina coregoni, lebend und Panzer, ziemlich viel, Cyclotella comta, Pediastrum Species Scenedesmus quadricauda } vereinzelt. Beggiatoa leptomitiformis Achromatium oxaliferum
Polycystis aeruginosa viel, Bosmina coregoni viel, Pediastrum Species ziemlich viel, Surirella splendida Cyclotella comta } vereinzelt, Cymatopleura elliptica Kohlensaurer Kalk Organischer Detritus } ziemlich viel,	480	Kohlensaurer Kalk viel, Tubificiden vereinzelt, Bosmina coregoni (Panzer) viel, Pediastrum boryanum ziemlich viel, Polycystis tot. Melosira tenuis Cymbella lanceolata Diatomeenstiele } vereinzelt. Spongillennadeln Spirorchaete plicatilis
Polycystis aeruginosa Bosmina coregoni } viel, Chydorus sphaericus Pediastrum Species ziemlich viel, Surirella splendida Navicula cuspidata Pinnularia nobilis } vereinzelt, Synedra ulna Cladothrix dichotoma Kohlensaurer Kalk Organischer Detritus } ziemlich viel,	481	Sand viel, Kohlensaurer Kalk mässig viel, Turbellarien vereinzelt, Pediastrum Species Scenedesmus quadricauda Nitzschia communis } verhältnismässig vereinzelt. Anychora ovalis Cymatopleura solea Beggiatoa alba
—	482	Sand viel, Kohlensaurer Kalk ziemlich viel, Schwefeleisen ziemlich viel, Cyclops, lebend, vereinzelt, Spirogyra crassa, tot Nitzschia sigmoidea Nitzschia acicularis Navicula cuspidata } vereinzelt, Synedra ulna Spirillen Zoogloeen von Cladothrix viel.


N.
0
Kl.
Prälank
See.
nteich.
Glambecker
See.
eu-Strelitz.
Thiergartenstrassen
Durchstich.
Witt-
puhl.
n am 17. Juni 1904.

2.

Gutachten der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung betreffend die Abwässerbeseitigung von Rastenburg,

erstattet im Auftrage des Magistrats der Stadt vom 20. April 1903.

Berichterstatter:

Dr. **K. Schreiber** und Regierungsbaumeister **Imhoff**,

Wissenschaftliche Mitglieder der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin.

Nach vorgängigem Schriftwechsel sandte der Magistrat der Stadt Rastenburg der Königlichen Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung unter dem 20. April 1903 ein seitens der Firma S. in B. ausgearbeitetes Kanalisationsprojekt ein mit dem Antrage, das Projekt auf seine Zweckmässigkeit und Ausführbarkeit einer Prüfung zu unterwerfen und darüber ein Gutachten abzugeben.

Aus den der Anstalt vorgelegten Unterlagen ergibt sich das Folgende:

Rastenburg, Kreisstadt im Regierungsbezirk Königsberg, liegt zum grössten Teile auf dem rechten Ufer der Guber, eines Nebenflusses der Aller, und zwar auf einem hügeligen Terrain zwischen dem Flusse, der sich in vielfachen Windungen ungefähr von Osten nach Westen hinzieht, und dem ca. 550 m nördlich gelegenen, ca. 43 ha grossen Oberteiche. Die im lebhaften Aufblühen befindliche Stadt zählt z. Zt. ca. 12000 Einwohner. Sie besitzt eine seit kurzem fertiggestellte zentrale Wasserversorgung, die aus artesischen Brunnen gespeist wird.

Die bisherigen Entwässerungsverhältnisse der Stadt sind sehr mangelhaft; abgesehen von einigen wenigen unterirdischen Schmutzwasserkanälen findet die Ableitung der Gebrauchs- und Meteorwässer in Strassenrinnen und Senkgruben statt; die Fäkalien werden entweder in Gruben aufbewahrt, welche durch die Hauseigentümer entleert

werden, oder durch einen Unternehmer mittelst des Kübelsystems entfernt und finden landwirtschaftliche Verwertung. Der Gesundheitszustand der Stadt ist nach den Angaben des Kreisarztes im ganzen günstig.

In dem Projekte des Ingenieurs S. ist die Abwässerbeseitigung nach den Prinzipien des Trennsystems vorgesehen. Die Hausabwässer, die Abgänge aus den Spülklosetts und den gewerblichen Betrieben sowie ein kleiner Teil der Niederschlagswässer soll von einem Schmutzwasserkanalnetz aufgenommen und, nachdem die Wässer in Sedimentierbecken nach Casseler System geklärt sind und weiterhin eine Lüftungsanlage passiert haben, der Guber zugeführt werden. Die Abwässer einer Zuckerfabrik, die bereits jetzt vor ihrer Einleitung in die Guber in einer eigenen Kläranlage gereinigt werden, sollen auch später von der Aufnahme in die Kanalisation ausgeschlossen bleiben.

An eine obligatorische Einführung von Spülklosetts ist vorläufig noch nicht gedacht, weil die Fäkalien bisher grossenteils noch als Dung Verwendung finden.

Für die Spülung der Schmutzwasserkanäle ist ein Spülschacht am Oberteich und am Mühlgraben, der von der Guber gespeist wird, vorgesehen. Ferner ist eine Anzahl Revisionsschächte als Spülschächte durch Spülung mittelst aufgestauten Kanalwassers eingerichtet; von jedem Revisionsschachte aus kann jedoch auch bei Erfordernis mit Wasserleitungswasser gespült werden.

Der in der Kläranlage anfallende Schlamm soll in flachen Becken zur Trocknung gebracht werden, bis er stichfest ist.

Die Meteorwässer sollen teils oberirdisch, teils in eigenen Regenwasserkanälen, entsprechend der natürlichen Terraingestaltung nach 2 Seiten hin: in die Guber und den Oberteich ohne jede Klärung abgeleitet werden.

Auf Grund der zur Verfügung gestellten Unterlagen äussert sich die Anstalt über das seitens der Firma S. entworfene Projekt wie folgt:

Für die Beurteilung der Vorflutverhältnisse ist folgendes von Belang: Die Guber, die allein als Vorflut in Betracht kommt, zeigt einen gebirgsbachähnlichen Charakter. Sie hat einen vielfach gewundenen Lauf und eine wechselnde Breite; an der Stelle der projektierten Kläranlage ist sie 5 m breit. Etwa 4 km unterhalb der genannten Stelle mündet die Daine in die Guber ein; hier ist die Guber 8—10 und mehr Meter breit. Floss- und Schifffahrtsverkehr

besteht nicht. Das Gefälle beträgt, 920 m unterhalb der Stelle der projektierten Einleitung der Abwässer gemessen, 1 : 197, im weiteren Verlaufe 1 : 138. Die Stromgeschwindigkeit in dieser letzteren Gegend beträgt 1,20 secm. Die Wasserführung des Flusses, welche 1 Jahr hindurch an zwei eingebauten Ueberfallwehren gemessen wurde, schwankt ausserordentlich. Im Mai 1902 wurden 2130 secl, Ende August nur 435 secl festgestellt. Eine so geringe Wasserführung wie die letztgenannte wurde aber, wie aus der Anlage IV des Berichtes vom 8. Oktober 1902 zu ersehen ist, immer nur für kurze Zeit beobachtet und erklärt sich nach Ansicht des Projektverfassers vermutlich dadurch, dass das Guberwasser zu Zeiten niedrigen Wasserstandes in den oberhalb gelegenen Mühlen im Interesse einer rationellen Ausnutzung der Betriebskraft vorübergehend aufgestaut wird. Als Wassermenge bei mittlerem Niedrigwasser würde man demnach, nach den Unterlagen zu schätzen, etwa 870 secl ansehen können.

Oberhalb der Stadt findet eine Verunreinigung des Flusses nach Angabe des Magistrats (Schreiben vom 25. August 1903) nicht statt.

An Schmutzwasserzuflüssen kommen innerhalb des Stadtgebiets nach Anlage der Kanalisation ausser den Abwässern der Kläranlage noch die Abgänge der erwähnten Zuckerfabrik in Betracht. Nach dem Schreiben des dortigen Magistrates vom 8. Dezember 1902 hat diese Zuckerfabrik, welche 350 Arbeiter beschäftigt, einen „Betrieb von 150000 Ctr.“ Vermutlich handelt es sich bei der letzteren Angabe nur um einen Schreibfehler, denn nach dem „Verzeichnis der Rübenzuckerfabriken etc.“, XVIII. Jahrgang (Magdeburg 1901, Albert Rathke.) S. 89, verarbeitete die Rastenburger Zuckerfabrik in der Kampagne 1901/02 1055950 Ctr. Rüben, in 24 Stunden also 15000 Ctr. Die in diesem Betriebe entstehenden Abwässer entsprechen nach den Angaben der Literatur (vergl. J. König, Verunreinigung der Gewässer 1899. 2. Bd. S. 225) in ihrem Gehalte an organischen, d. i. zersetzungsfähigen Stoffen den Abwässern einer Stadt von etwa 180000 Einwohnern.

Allerdings werden diese Abwässer der Zuckerfabrik der Guber nur während der Kampagne, d. h. nur während eines verhältnismässig kleinen Teils des Jahres, zugeführt. Ferner ist zu berücksichtigen, dass die Abgänge der Zuckerfabrik vor ihrer Einleitung in den Vorfluter einer Reinigungsprozedur unterworfen werden. Nach dem Schreiben des Magistrates vom 25. August 1902 werden sie in zwei hintereinandergeschaltenen Becken geklärt, in dem ersten mit Zusatz

von Kalk, in dem zweiten ohne Chemikalienzusatz, und darauf vermittels einer durchlöcherten Holzrinne über eine unter derselben befindliche Hecke gerieselt. Diese Reinigungsmethode wird nach den vorliegenden Erfahrungen, die bei der Reinigung von Zuckerfabrikabwässern gemacht wurden, allerdings kaum im Stande sein, die Wässer von organischen Stoffen soweit zu befreien, dass die Erzeugung von Missständen in einem wasserarmen Vorfluter, in den die Wässer nach der Reinigung eingeleitet werden, vermieden wird. Jedenfalls ist anzunehmen, dass trotz der genannten Reinigungsbehandlung die Zuckerfabrik zur Zeit ihrer Kampagne der Guber recht erhebliche Mengen noch zersetzungsfähiger organischer Stoffe zuführt, dass also das sogenannte Selbstreinigungsvermögen des Flusses, wenigstens zur Zeit der Kampagne der Zuckerfabrik, infolge dieser Belastung nur noch ein verhältnismässig geringes sein wird. Ein bestimmtes Urteil in dieser Beziehung könnte allerdings nur auf Grund einer örtlichen Besichtigung und Untersuchung der Guber in chemischer, bakteriologischer und biologischer Beziehung abgegeben werden; irgend welche Angaben über die Beschaffenheit des Flusswassers sind in den Unterlagen nicht enthalten.

Unterhalb der Stadt wird das Wasser der Guber, der übrigens bis 15 km unterhalb wesentliche Verunreinigungen nach dem Magistratsberichte nicht zugehen, zu Genusszwecken in diesem Teile ihres Laufes nicht verwendet. Für die Brunnen des städtischen Wasserwerkes, die 9 km unterhalb der Stadt an der Guber liegen, kommt eine etwaige Gefährdung durch verunreinigtes Flusswasser nicht in Betracht, weil es sich um artesische Brunnen handelt; was die übrigen in der Nähe des Flusses liegenden Brunnen, welche in dem genannten Schreiben erwähnt werden, angeht, so wäre bei diesen allerdings durch entsprechende örtliche Untersuchungen festzustellen, ob und inwieweit eine Beeinflussung eventuell zu gewärtigen ist.

Es fragt sich nun, inwieweit die Abwässer der Stadt vor ihrer Einleitung in die Guber gereinigt werden müssen, um Missstände in hygienischer, ästhetischer und wirtschaftlicher Beziehung in dem Vorfluter zu verhüten.

Dem Projekt ist unter Berücksichtigung der zu erwartenden Vergrösserung der Stadt eine (nach 40 Jahren zu erwartende) Einwohnerzahl von 24200 Köpfen zu Grunde gelegt, so dass unter der üblichen Annahme einer Abwassermenge von 100 Liter pro Kopf

und Tag und eines grössten Stundenabflusses von $^1/_{14}$ der Tagesmenge ein Trockenwetterabfluss von

$$\frac{24200 \cdot 100}{14 \cdot 60 \cdot 60} = 48,3 \text{ secl}$$

nach 40 Jahren zu erwarten ist; gegenwärtig, wo etwa 12000 Einwohner in Rastenburg gezählt werden, würden in der Sekunde nur

$$\frac{12000 \cdot 100}{14 \cdot 60 \cdot 60} = 23,8 \text{ Liter}$$

abfliessen.

Die bei dieser Berechnung in Ansatz gebrachte Abwassermenge von 100 Liter pro Kopf und Tag wäre noch genügend hoch gegriffen, auch wenn sämtliche Fäkalien unter Verwendung von Spülklosetts in die Schmutzwasserleitung abgeführt werden. Nach Ansicht des Projektverfassers werden sich jedoch die Spülklosetts nicht in sehr erheblichem Masse einführen, weil ein grosser Teil der Fäkalien von der Bürgerschaft auch fernerhin zu landwirtschaftlichen Zwecken verwertet werden wird; an eine obligatorische Durchführung von Spülklosetts ist daher auch, wie oben schon gesagt, vorläufig noch nicht gedacht.

Vom Standpunkte der Hygiene kann die jetzige Art der Fäkalienbeseitigung nicht als vollkommene angesehen werden. Es haften ihr vielmehr bekannte mannigfache hygienische Mängel an, und es hiesse auf halbem Wege stehen bleiben, wollte man sich bei dem Ausbau einer allgemeinen städtischen Kanalisation die unleugbaren Vorteile entgehen lassen, welche eine schnelle und hygienisch einwandsfreie Entfernung der Fakalien aus dem Bereiche der Wohnstätten — und als solche ist die Entfernung mittelst Spülklosetts zu betrachten — mit sich bringt. Es braucht in dieser Hinsicht nur daran erinnert zu werden, welche verhängnisvolle Rolle die menschlichen Dejekte bei der Weiterverbreitung der Infektionskrankheiten spielen, und wie mannigfache Missstände allgemein hygienischer Natur die jetzt geübte Fäkalienbeseitigung im Gefolge hat, wie z. B. Geruchsbelästigungen, Verschmutzung der Strassen etc. Vom rein gesundheitlichen Standpunkt würde somit Anlass für den Magistrat gegeben sein, die Einführung der Spülklosetts nach Möglichkeit zu fördern und in früherer oder späterer Zeit, wenn möglich und mit dem wirtschaftlichen Interesse der Hausbesitzer vereinbar, allgemein obligatorisch zu machen.

Eine derartige Massregel, die in erster Linie durch hygienische Rücksichten geboten erscheint, würde sich auch vom landwirtschaftlichen Standpunkte rechtfertigen lassen. Denn die in den Fäkalien enthaltenen Dungstoffe würden bei der allgemeinen Einführung von Spülklosetts der landwirtschaftlichen Verwertung nicht entgehen, wenn, wie in dem Projekte vorgesehen ist, die Abwässer in Klärbecken gereinigt werden.

Eine grössere Konzentration der Abwässer und dadurch bedingte schwierigere Reinigung, als sie ohnehin durch die Natur des Trennsystems bedingt ist, würde bei Einleitung der Fäkalien in die Kanalisation unter Verwendung von Spülklosetts nicht zu befürchten sein; es könnte sich nur um eine geringfügige Zunahme der fäulnisfähigen Masse handeln. Die Gesamtmenge der Abwässer dürfte nach den Erfahrungen in anderen Städten zuzüglich der Klosettwässer durchschnittlich 100 Liter pro Kopf und Tag nicht überschreiten.

Betrachtet man auf Grund der vorstehenden Ausführungen das Verhältnis der grössten Abwassermenge zu der geringsten im Jahre 1902 beobachteten Wasserführung des Vorfluters, so würde für die jetzige Einwohnerzahl von 12000 Köpfen das Verdünnungsverhältnis

$$\frac{435}{23,8} = 1:18,$$

oder wenn man den mittleren Niedrigwasserstand in Rechnung zieht,

$$\frac{870}{23,8} = 1:37$$

sein, für 24200 Einwohner dagegen nur

$$\frac{435}{48,3} = 1:9 \text{ bezüglich } \frac{870}{48,3} = 1:18.$$

Sieht man, wie es der Projektverfasser tut, von einem obligatorischen Anschluss von Spülklosetts ab, und zieht man nur die unverdünnten Hausabwässer in Betracht, dann kann eine Abwassermenge von 65 Liter pro Kopf und Tag als ausreichend hoch gelten. Man kommt dann zu einem Verdünnungsverhältnis im ungünstigsten Falle von 1 : 29 für 12000 Einwohner und 1 : 14 für 24200 Einwohner. Auf jeden Fall ist die Verdünnung, welche die Abwässer durch ihre Einleitung in die Guber erfahren würden, keine sehr erhebliche, und man müsste daher, wenn man wesentlich die Verdünnung in Rechnung zieht, nach dem heutigen Stande der Hygiene und nach den uns bekannt gewordenen Entscheidungen der Verwaltungsbehörden die

Forderung aufstellen, dass die Abwässer vor ihrer Einführung in den Vorfluter nicht nur von den suspendierten Bestandteilen, sondern auch von den gelösten fäulnisfähigen Stoffen befreit werden. Diese Forderung wäre umsomehr zu erheben, als die zu erwartenden Abwässer voraussichtlich verhältnismässig konzentrierte sein werden.

Es wäre nun zu prüfen, ob man von der projektierten Kläranlage den durch die Verhältnisse gebotenen hohen Reinigungseffekt erwarten kann. In der Kläranlage sollen die Abwässer in dreifacher Weise gereinigt werden. Zunächst ist eine Vorreinigung durch Tauchbrett und Rechen vorgesehen; es sollen hier die Schwimmstoffe und die gröberen suspendierten Stoffe abgefangen werden. In Klärbecken sollen fernerhin die feineren suspendierten Bestandteile nach Möglichkeit durch Sedimentation ausgeschieden werden, und endlich sollen die Wässer, die nunmehr hauptsächlich noch gelöste Stoffe enthalten, einer (weiter unten noch zu besprechenden) Belüftung unterzogen werden.

Abgesehen von der nachgeschalteten Belüftungsanlage ist das Projekt nach dem Casseler Klärsystem entworfen; es unterscheidet sich von seinem Vorbilde im wesentlichen nur dadurch, dass für Rastenburg eine Vorreinigung in der angegebenen Art vorgesehen ist, und dass die Becken in bezug auf Breite und Tiefe (1,50 . 1,55 statt, wie in Cassel, 3,00 . 4,00) kleiner dimensioniert sind. Wie aus der Literatur[1]) bekannt, wird durch die Casseler Anlage ein Kläreffekt, gemessen am Abdampfrückstand, von 77,5 %, d. h. eine Abnahme des Abdampfrückstandes um diese Zahl erreicht. Ueber die Abnahme der Schwebestoffe fehlen in der Literatur ausreichende Angaben; es ist bei mittlerer Zusammensetzung des Kanalwassers eine Abnahme der suspendierten Stoffe um 96—97 % angegeben; das dürfte jedoch für den Durchschnitt nicht zutreffen, da an einem ähnlich konstruierten Becken in Hannover[2]) unter ähnlichen Bedingungen durchschnittlich nur 62,7 % der suspendierten Stoffe entfernt wurden.

Die gelösten Stoffe werden nach der vorliegenden Literatur in den Sedimentierbecken im allgemeinen nicht beeinflusst.

---

1) Höpfner u. Paulmann, Die Schmutzwasserreinigungsanlage der Stadt Cassel. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Medicin u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XIX. Bd. 1900. Suppl.-Heft. S. 4 ff. Vergl. ferner XXI. Bd. 1901. Suppl.-Heft S. XVI.

2) Vergl. Bock u. Schwarz, Versuche über die mechanische Klärung der Abwässer der Stadt Hannover. Vierteljahrsschr. f. gerichtl. Med. u. öffentl. Sanitätswesen. 3. Folge. XIX. u. XXI. Bd. Suppl.-Heft.

Die Casseler Verhältnisse lassen sich nun auf Rastenburg ohne weiteres nicht übertragen. Denn zunächst hängt der Kläreffekt, wie sich bei allen entsprechenden Untersuchungen herausgestellt hat, in hohem Masse von der Beschaffenheit des Rohwassers ab. Es ist in dieser Hinsicht daran zu erinnern, dass, wie bereits mehrfach betont, in Rastenburg nach dem Trennsystem entwässert werden soll, während bei der Casseler Kanalisation das Mischsystem durchgeführt ist. Die Abwässer in Rastenburg werden ferner voraussichtlich — bestimmte Unterlagen fehlen dafür — konzentrierter sein als die in Cassel. Für die Klärung besonders ungünstige Abgänge, wie z. B. die Exkremente von Schweinen, die nach unseren z. B. in Reinickendorf bei Berlin gemachten Erfahrungen den Kläreffekt sehr ungünstig beeinflussen, werden allerdings in nennenswerter Menge den Abwässern nicht zugehen, da, wie wir der Zeitschrift „Gesundheit“ 1903. No. 22 entnehmen, seitens der dortigen Gesundheitskommission der Polizeiverwaltung empfohlen wurde, das Halten von Schweinen grundsätzlich zu verbieten und Ausnahmen von jedesmaliger besonderer Genehmigung abhängig zu machen.

Gewerbliche Abwässer werden, nach den Unterlagen zu schliessen, nicht wesentlich in Frage kommen. Immerhin wird man, namentlich auch wegen der im ganzen zu erwartenden höheren Konzentration der Wässer, von der projektierten Anlage in Rastenburg von vornherein nicht denselben günstigen Kläreffekt wie in Cassel mit Sicherheit erwarten dürfen.

Andererseits liegen auch die Vorflutverhältnisse in Cassel, die der Projektverfasser zum Vergleich heranzieht, erheblich anders als in Rastenburg.

Nach einer Mitteilung von Dr. Paulmann, dem Vorsteher des städtischen Untersuchungsamtes in Cassel, beträgt dort die Menge der Abwässer, die täglich dem Vorfluter zugehen, in Maximo 15000 cbm = 173 secl.

Der Vorfluter führt bei mittlerem Niedrigwasser 20,70 cbm; das Verdünnungsverhältnis wäre demnach zur Zeit

$$\frac{173}{20700} = 1 : 120,$$

also sehr wesentlich günstiger als in Rastenburg.

Nun hat der Projektverfasser, wohl in der richtigen Erwägung, dass auf Grund der vorliegenden Verhältnisse eine mechanische Klärung zur Reinigung der Rastenburger Abwässer vor Einführung in die

Guber nicht für ausreichend erachtet werden dürfte, der Sedimentieranlage noch eine Belüftungsanlage nachgeschaltet; er verspricht sich von dieser Einrichtung eine „gewisse Oxydation der in dem Wasser enthaltenen organischen Bestandteile“. Wenn auch hinsichtlich der Wirkungsweise einer derartigen Belüftungsanlage bei städtischen Abwässern nur wenige tatsächliche Erfahrungen vorliegen, so können wir uns doch der Annahme des Projektverfassers nicht anschliessen, glauben vielmehr nach allem, was man bisher an bestehenden Anlagen, wie z. B. in Ohrdruf, oder durch Laboratoriumsversuche (vgl. J. König, Verunreinigung der Gewässer 1899. I. Bd. S. 431) erfahren hat, annehmen zu müssen, dass die Zeit, während welcher die Abwässer die Belüftungsanlage passieren, zu einer nennenswerten Oxydation und damit Unschädlichmachung der organischen Stoffe insoweit, dass Missstände im Vorfluter (Geruchsbelästigungen durch Fäulniszustände in demselben pp.) mit Sicherheit vermieden werden, nicht ausreicht.

Allerdings ist in Erwägung zu ziehen, dass die Guber eine so geringe Wassermenge, wie sie der Berechnung der Verdünnung zu Grunde gelegt wurde, nur für kurze Zeit führt, dass sie ferner bald unterhalb der projektierten Einleitung der städtischen Abwässer durch Aufnahme der Daine Zufluss erhält und dass die Stromgeschwindigkeit des Flusses eine erhebliche ist, so dass die Verhältnisse für eine Selbstreinigung nicht grundsätzlich ungünstig liegen. Auch ist darauf Rücksicht zu nehmen, dass die Ufer bis 15 km unterhalb der Stadt fast gar nicht bebaut sind und das Wasser während dieser Strecke ihres Laufes nirgends zu Trinkzwecken benutzt zu werden braucht, dass ferner, wie bereits oben erwähnt, ein Floss- oder Schifffahrtsverkehr auf dem Flusse nicht besteht. Diese Momente sind geeignet, einen Versuch mit der projektierten Art der Abwasserreinigung zu rechtfertigen; derselbe bietet u. E. allerdings nur geringe Aussicht auf vollen Erfolg, und es empfiehlt sich daher für den Magistrat, in Erwägung zu ziehen, ob es nicht zweckmässiger wäre, gleich von vornherein ein Reinigungsverfahren einzurichten, von dem auf Grund der vorliegenden Erfahrungen mit Sicherheit oder wenigstens mit grösster Wahrscheinlichkeit ein ausreichender Effekt zu erwarten ist. Auf Verfahren dieser Art, welche für den vorliegenden Fall eventuell in Frage kämen, werden wir weiter unten eingehen.

Bezüglich der projektierten Reinigungsmethode ist das Folgende zu sagen: Eine dauernd möglichst hohe Leistungsfähigkeit derselben, besonders was die Wirkung der Sedimentierbecken anbetrifft,

liesse sich jedenfalls nur dann erwarten, wenn für einen ordnungsmässigen Betrieb stets durch strenge Kontrolle Sorge getragen und darauf geachtet wird, dass die Abwässer in den Becken nicht zur Stagnation kommen. In dieser Hinsicht würde es sich empfehlen, dass die Spülung der Kanäle möglichst auch in den Abendstunden und bei Nacht ausgeführt wird, damit zu der Zeit, wo der Anlage nur wenig Abwässer zugehen und die Gefahr einer Stagnation droht, möglichst viel reines Wasser durch die Schmutzwasserkanäle den Sedimentierbecken zugeführt wird. Da von dem Oberteich und dem Mühlgraben aus reines Wasser ohne besondere Kosten für die Hebung jederzeit zur Verfügung steht, so würde sich wenigstens für einen Teil des Kanalnetzes ein derartiger Spülbetrieb — für den im übrigen auch das Wasser der städtischen Wasserleitung in Frage kommt — leicht und ohne nennenswerte Aufwendungen durchführen lassen. Eine solche Zuführung von reinem Wasser in den Abend- und Nachtstunden hat sich für die Klärung in Sedimentierbecken sehr gut bewährt. Nicht nur der mechanische Kläreffekt der Becken ist dadurch günstig beeinflusst worden, sondern es hat sich auch eine längere Betriebsdauer ermöglichen lassen, weil der Beckeninhalt nicht so leicht in Fäulnis übergeht.

Was die Form der Sedimentierbecken anbetrifft, so möchten wir auf die neuerdings in Cöln[1]) gewonnenen Erfahrungen hinweisen. Es sind dort Versuche an einem 45 m langen Klärbecken angestellt, das eine andere Konstruktion als die Becken in Cassel und auch in Hannover besass. Die Sohle des Cölner Versuchsbeckens steigt nämlich nach dem Ablauf hin im Verhältnis 1 : 50, und an dem eigentlichen Einlauf desselben befindet sich der 1,67 m tiefe Schlammsumpf, aus dem der Schlamm wie in Cassel gehoben wird. Es wurde in Cöln bei 4 mm Geschwindigkeit des Abwassers eine durchschnittliche Abnahme der suspendierten organischen Substanzen von 70,9 %, bei 20 mm Stromgeschwindigkeit noch eine Abnahme von 68,1 % erzielt, d. h. im ersten Falle 14,9 %, im letzteren 11,3 % mehr als in dem 50 m langen Becken in Hannover, das übrigens ein Sohlengefälle nach

1) Vergl. Die Sedimentierung der suspendierten Substanzen des Kanalwassers und ihr Einfluss auf die mechanische Klärung in Flachbecken. Von Stadtbaurat Steuernagel in Cöln. Centralbl. f. allg. Gesundheitspflege. Bonn 1903. 7. und 8. Heft.

Bemerkung bei der Korrektur: Vergl. auch die Steuernagelsche Arbeit in „Mitt. a. d. Kgl. Prüfungsanstalt etc." Heft 4. 1904. Die Redaktion.

dem Ablauf zu hat, wie es auch die Casseler Becken besitzen, und welches, wie es auch in Rastenburg projektiert wird, mit einer Rechenanlage versehen ist. Wir empfehlen daher die Erwägung, die Becken eventuell nach dem Cölner Prinzip zu konstruieren. Dem Becken wäre bei derselben Länge, wie sie jetzt projektiert ist, ein geringerer Durchschnitt zu geben, so dass die Stromgeschwindigkeit erhöht wird. Das Gefälle wäre nach dem Einlauf zu zu wählen und der Schlammsumpf an den Einlauf zu legen.

Derselbe Kläreffekt, wie er bei den Cölner Sedimentierbecken beobachtet wurde, wird auch dem Kremerschen Klärverfahren[1]), das in neuester Zeit die Aufmerksamkeit der Fachkreise auf sich gelenkt hat, zugeschrieben. Die Anstalt ist auf Grund einiger Vorversuche zu der Ansicht gelangt, dass in der Tat der Kläreffekt bei der auf dem Berliner Rieselfelde in Osdorf nach Kremerschem System errichteten Versuchsanlage recht beachtenswert ist, und dass das genannte Verfahren hinsichtlich der Schlammverwertung, insbesondere was die Rückgewinnung des Fettes betrifft, anscheinend einen Fortschritt bedeutet: zu einem abschliessenden Urteil werden wir jedoch erst auf Grund der während einer längeren Beobachtungsdauer einer derartigen Anlage gewonnenen Resultate gelangen können. Auch darf bei der Beurteilung des voraussichtlichen Effektes dieses Verfahrens für den gegenwärtigen Fall die Verschiedenheit der Berliner Abwässer und derjenigen von Rastenburg nicht ausser Acht gelassen werden.

Auf das Kremersche Verfahren, das sich noch im Stadium der Vorversuche befindet, glaubten wir umsomehr hinweisen zu sollen, als die Art der Schlammverwertung, wie sie in Cassel durchgeführt wird, für den Projektverfasser bei der Wahl des Klärsystems mitbestimmend gewesen ist.

Was die Belüftungsanlage betrifft, so würden wir den Vorschlag machen, den beabsichtigten Effekt einer Anreicherung der Abwässer mit Sauerstoff dadurch zu erhöhen, dass an Stelle der 20 cm hohen Kiesschicht, die u. E. sehr bald verschlammen und doch keinen grossen Reinigungseffekt bewirken dürfte, eine einfache Lage kopfgrosser Steine angeordnet wird, damit das herabrieselnde Wasser beim Auftreffen auf die Steine möglichst zerstäubt wird, sowie dass das im Projekt vorgesehene Drahtgitter fortgelassen wird. Mit der

1) Die mechanische Abwasserreinigung nach System Kremer. Th. Weyl, Technisches Gemeindeblatt. Jahrgang VI. No. 16 u. 17.

Anordnung einer solchen Steinlage zur Zerstäubung des Wassers hat man besonders in Ohrdruf recht gute Erfolge erzielt.

Die vorstehenden Ausführungen beziehen sich auf die im Projekt in Aussicht genommene Art der Abwässerreinigung. Sollte sich dieselbe, wie man vermuten darf, bei einem praktischen Versuche in Rastenburg nicht als ausreichend erweisen zur Reinigung der städtischen Abwässer in einem Grade, dass Missstände im Vorfluter vermieden werden, so müsste ein Verfahren angewendet werden, welches auch die gelösten fäulnisfähigen Stoffe aus dem Abwasser entfernt. Dies liesse sich mit grosser Wahrscheinlichkeit erreichen, wenn statt der Belüftungsanlage eine biologische Anlage, am zweckmässigsten vielleicht — wie weiterhin noch entwickelt werden soll — eine solche mit kontinuierlichem Betriebe nach dem Tropfverfahren, eingerichtet würde. Der genannte Ausbau würde sich um so leichter ausführen lassen, als für eine Anlage von Tropfkörpern sowohl das notwendige Gefälle als auch der erforderliche Platz vorhanden ist.

Nach den Erfahrungen in England kann man auf 1 cbm Füllmaterial 1 cbm Abwasser pro Tag rechnen.[1] Nimmt man als Höhe des Tropfkörpers 2,5 Meter an, so kommen auf 1 qm Oberfläche 2,5 cbm Abwasser täglich. Daraus ergibt sich die notwendige Gesamtfläche der Tropfkörper für die nach 40 Jahren zu erwartende Schmutzwassermenge von 2420 cbm als $\frac{2420}{2,5}$ = rund 1000 qm. Für die nächste Zeit würden Körper von halber Gesamtgrösse, etwa 500 qm, ausreichen. Dazu würde noch das Areal für Sedimentierbecken kommen, deren Anschaltung an die Oxydationskörper sich voraussichtlich als notwendig erweisen würde. Die Bodenfläche für die gesamte Reinigungsanlage, welche an Stelle der projektierten Belüftungsanlage treten würde, würde also erheblich grösser genommen werden müssen als für die letztere, für die nur eine Fläche von 90 qm vorgesehen ist.

Bezüglich der Wahl der Verteilungseinrichtungen bei dem Tropfverfahren, das in England bereits in einer Reihe von Städten angewendet wird, liegen in Deutschland umfangreiche Erfahrungen noch nicht vor.

An Stelle des Tropfverfahrens mit ausgiebiger Vorreinigung, wie sie durch die Klärbecken erzielt wird, könnte auch eine biologische

---

1) Anmerkung. Neuere Erfahrungen lassen es wünschenswert erscheinen, bei der Dimensionierung von biologischen Anlagen eine geringere Belastung anzunehmen, insbesondere wenn es sich um eine Gegend handelt, in der mit langdauernden niederen Temperaturen zu rechnen ist.

Anlage nach dem Füllverfahren mit mehreren nacheinander angeordneten Oxydationsfiltern in Frage kommen. Der Ansicht des Projektverfassers, dass die „Einzelvorgänge bei diesem Verfahren noch lange nicht hinreichend aufgeklärt sind und dasselbe sich noch vielfach im Stadium der Versuche befindet“, können wir nicht rückhaltlos beitreten, sind vielmehr der Ansicht, dass es auf Grund der mit städtischen Abwässern nicht nur in England, sondern auch in Deutschland gemachten Erfahrungen sehr gut möglich ist, sich ein Bild von der im einzelnen Falle erforderlichen Grösse einer biologischen Anlage nach dem Füllverfahren, ihren Betriebskosten und ihrer Leistungsfähigkeit zu machen bezw. einen entsprechenden Voranschlag aufzustellen. Unseres Erachtens ist dieses System, was den Reinigungseffekt betrifft, der bisher unbestritten als beste Reinigungsart angesprochenen Rieselung auf Land in vielen Fällen als gleichwertig an die Seite zu stellen, vorausgesetzt, dass die Anlage richtig dimensioniert und ordnungsmässig betrieben wird. Städtische Abwässer soweit zu klären, dass in ihnen keine suspendierten und keine gelösten fäulnisfähigen Substanzen mehr enthalten sind, gelingt unter den erwähnten Voraussetzungen stets, sofern nicht den Abwässern Abgänge aus gewerblichen Anlagen zugehen von solcher Beschaffenheit, dass sie die biologischen Vorgänge beim Klärprozess ungünstig beeinflussen. Nach den im Erläuterungsbericht hierüber gemachten Angaben ist dies jedoch ausgeschlossen. Ob man bei der Wahl des biologischen Füllverfahrens das Oxydationsverfahren oder Faulverfahren bevorzugt, dürfte wesentlich von der Lösung der Schlammbeseitigungsfrage, auf die wir später noch zurückkommen, abhängig zu machen sein. Prinzipiell unterscheidet sich das Füllverfahren von dem oben genannten Tropfverfahren u. a. dadurch, dass es ein grösseres Areal für die Anlage benötigt.

Die Bodenberieselung, die für die ordnungsmässige Beseitigung grösserer Mengen von Abwässern aus Ortschaften nach Absatz 7 der Allgemeinen Ministerialverfügung betreffend Fürsorge für die Reinhaltung der Gewässer vom 20. Februar 1901 in erster Linie in Erwägung zu ziehen ist, würde nach den uns zur Verfügung stehenden Unterlagen für Rastenburg aus der Erwägung ausscheiden, weil, wie dortseits angegeben wird, die Erwerbung genügend grosser Bodenflächen unverhältnismässig hohe Erwerbskosten verursachen würde und der schwere Boden in der Umgebung Rastenburgs sich zur Anlage von Rieselfeldern nicht eignet.

Legt man sich nach den vorstehenden Ausführungen die Frage vor, welches von den genannten, mit biologischen Kräften arbeitenden Reinigungsverfahren für Rastenburg das geeignetste sein dürfte, so kommt man unter Berücksichtigung aller in Betracht kommenden örtlichen Verhältnisse zu dem Schlusse, dass das Tropfverfahren den zu stellenden Ansprüchen, namentlich auch in wirtschaftlicher Beziehung, voraussichtlich am meisten entsprechen würde.

Was die Frage der Schlammbeseitigung, speziell der Beseitigung des bei den Vorreinigungsprozessen anfallenden Schlamms betrifft, so verdient dieselbe eine eingehende Prüfung, und zwar wird man die Frage namentlich auch vom landwirtschaftlichen Standpunkte aus betrachten müssen. Man hat hierbei je nach Art der Vorbehandlung zu unterscheiden zwischen der Verwertung des Gesamtschlammes (für landwirtschaftliche Zwecke) und der Verwertung der Schlammrückstände nach Rückgewinnung des in ihnen enthaltenen Fettes. In letzterer Beziehung haben neuerdings namentlich zwei Verfahren die Aufmerksamkeit auf sich gezogen: das in Cassel verwandte System der Fettextraktion und die Kremersche Methode.

Beim Casseler System werden sämtliche Schlammrückstände für die Fettgewinnung ausgenutzt und der entfettete Schlamm dann zu Dungzwecken verwendet. Kremer benutzt nur die in seinem Klärapparat sich abscheidende Schwimmschicht, die prozentisch bedeutend reicher an Fett ist, als der Gesamtschlamm, zur Verarbeitung auf Fett.

Ob eine Gewinnung des Fettes aus dem Schlamm für Rastenburg sich überhaupt empfehlen würde und welche Methode in dieser Beziehung den Vorzug verdient, würde sich erst nach genauer Kenntnis der Durchschnittsbeschaffenheit des zu erwartenden Abwassers entscheiden lassen; vor jeder Ueberschätzung der Rentabilität der Fettausnutzung muss jedoch von vornherein gewarnt werden.

Die landwirtschaftliche Ausnutzung des Schlammes kann, wie bereits gesagt, auch derart gestaltet werden, dass die Stadt an die Landwirte den Schlamm abgibt, oder aber auch selbst ein passendes, wie im Projekt richtig hervorgehoben wird, hochgelegenes Gelände erwirbt und die landwirtschaftliche Verwertung selbst in die Hand nimmt. In diesem Falle würde als vielleicht zweckmässig in Erwägung zu ziehen sein, den Schlamm mittelst Druckrohrleitung von der Kläranalage nach dem erworbenen Terrain zu heben, um ihn dort eventuell mit Müll zu kompostieren bezw. je nach den örtlichen Verhältnissen in verschiedener Weise unterzubringen.

Was die für die Leichtigkeit des Absatzes des Schlammes meist wichtige Frage angeht, wie der Schlamm am besten zu drainieren ist, so empfehlen sich, wie dies auch im Projekt vorgesehen ist, hierzu flache Becken, die am besten funktionieren, wenn sie möglichst klein gewählt werden.

In England hat sich jedoch eine andere Einrichtung, bei der der Schlamm, ähnlich wie es beim Eduardsfelder System mit der Kanaljauche geschieht, durch verlegbare[1]) Verteilungsrohre auf die verschiedenen Teile des Geländes gepumpt wird, besser bewährt. Hier werden Gräben ausgeworfen und mit dem Schlamm gefüllt. Allmählich trocknet der Schlamm durch Drainage und Verdunstung des Wassers ein; dann werden die Gräben mit der ausgeworfenen Erde wieder bedeckt. Nach Ablauf einer je nach dem Wassergehalt des Schlammes und der Bodenbeschaffenheit wechselnden Zeit, etwa ein bis zweimal im Jahre, wird das gesamte mit Schlamm gedüngte Gelände umgegraben und entweder landwirtschaftlich bestellt oder von neuem mit Schlamm in der erwähnten Weise beschickt.

Was die Frage angeht, in welcher Weise bei der für Rastenburg einzurichtenden Abwasserreinigung der Punkt der Seuchenbekämpfung zu behandeln ist, so ist hierüber folgendes zu sagen:

Wenn, wie beabsichtigt, die Abwässer nach Behandlung in Klärbecken mit nachfolgender Belüftung bzw. biologischer Reinigung dem Vorfluter zugehen werden, so werden zufällig in die Kanalwässer hineingelangte Infektionskeime durch keine der genannten Behandlungsweisen mit Sicherheit aus dem Wasser ausgeschieden und noch weniger abgetötet werden, und es besteht in solchem Falle also die Gefahr, dass sie durch den Fluss weiter verbreitet werden. Mit Rücksicht hierauf hat der Projektverfasser eine Desinfektionseinrichtung in der Kläranlage vorgesehen, welche, nach dem Erläuterungsbericht (S. 63) zu schliessen, der Anlage nachgeschaltet ist. Eine Desinfektion sämtlicher Abwässer ist jedoch technisch ausserordentlich schwierig durchführbar und jedenfalls mit grossen Kosten verbunden und wird daher neuerdings von der Aufsichtsbehörde nur beim Auftreten grösserer Epidemien gefordert. Es ist daher — in Beachtung der Entscheidung der oberen Verwaltungsbehörden — zumal bei Städten, die ihre Abwässer nicht durch Rieselung auf Land beseitigen und damit die Ge-

1) Vergl. The Purification of Sewage, with special Reference to the Works of the Birmingham Tame and Rea District Drainage Board. Referat: Gesundheits-Ingenieur 1903. XXVI. Jahrgang. No. 34. S. 559.

fahr einer Infizierung des Vorfluters prinzipiell möglichst vermeiden, das Hauptgewicht auf eine sichere und ordnungsgemässe Desinfektion aller infektiöser sowie infektionsverdächtiger Abgänge am Orte der Entstehung, d. h. am Krankenbett zu legen. Wir halten in diesem Sinne den Erlass einer Polizeiverordnung für angezeigt, welche die Anzeigepflicht auf alle Fälle, bei der auch nur der Verdacht einer Infektionskrankheit, im speziellen Typhus und Ruhr besteht, ausdehnt. Den Desinfektionszwang, speziell auch für Typhus einzuführen, beabsichtigt der Magistrat, wie uns im letzten Schreiben mitgeteilt wird.

Was zum Schlusse das Kanalnetz als solches angeht, so hat der Projektverfasser, wie früher schon erwähnt worden ist, das Regenwasser vom übrigen Abwasser getrennt. Dieses System ist für Rastenburg aus wirtschaftlichen und technischen Gründen zweckmässig, wie auch im Erläuterungsbericht eingehend auseinandergesetzt wird. Das Schmutzwasser wird in einem weitverzweigten Kanalnetz nach der Kläranlage geführt. Das Regenwasser kann wegen des sehr hügeligen Geländes fast überall in den Strassenrinnen nach der Guber oder dem Oberteich abfliessen. Bisher besteht nur ein alter Regen- und Schmutzwasserkanal in der Logenstrasse, der vermutlich als Regenkanal beibehalten werden soll. Ein kleiner Teil der Stadt hat bisher in den Stadtgraben, der den Oberteich mit der Guber verbindet, entwässert; dieser Graben soll nach dem Entwurfe durch einen Zementrohrkanal — den einzigen neu zu erbauenden Regenkanal — ersetzt werden. Ob bei dem gegenwärtigen Bebauungszustande der Stadt ausserdem noch an anderen Stellen Kanäle zur systematischen Ableitung des Regenwassers notwendig sind, entzieht sich ohne Kenntnisnahme der örtlichen Verhältnisse unserer Beurteilung; für die Fernhaltung der Sink- und der gröberen Schwimmstoffe des Regenwassers von dem Vorfluter wäre durch geeignete Abfangvorrichtungen Sorge zu tragen.

Die Berechnung des Rohrnetzes ist sorgfältig durchgeführt, und die Grundlagen der Berechnung entsprechen den vorliegenden Verhältnissen. Die Schmutzwasserkanäle sind für eine Einwohnerzahl von 24200, die in 40 Jahren erreicht werden kann, unter Annahme von 100 Liter Abwasser für den Kopf im Tage berechnet, wobei 65 Liter für Brauchwasser und der Rest für den bei Trennsystem unvermeidlichen Zutritt von Regenwasser gerechnet ist. Danach sind für die innere Stadt 0,6 secl für je 1 ha, für die äussere Stadt

0,3 secl für je 1 ha als Schmutzwassermengen erhalten worden. Hierzu bemerken wir, dass die Brauchwassermenge auch über 65 Liter und zwar, wie wir früher angegeben haben, bis auf 100 Liter steigen kann, und dass es sich deshalb empfiehlt, das Regenwasser möglichst vollkommen von den Schmutzwasserkanälen fernzuhalten, wenn nicht die Grenze der Leistungsfähigkeit der Kanäle schon früher als in 40 Jahren erreicht werden soll.

Die Einzelheiten des Entwurfs, die Bauart, Tiefenlage, das Material der Leitungen, Schächte und dergleichen sind technisch nicht zu beanstanden.

Den Kostenanschlag zu prüfen sind wir, da uns die ortsüblichen Preise und Löhne unbekannt sind, nicht in der Lage.

Von den örtlichen Verhältnissen und den zur Verfügung stehenden Mitteln wird es abhängen, ob der ganze Entwurf sofort ausgeführt werden soll, oder ob einzelne weniger dringende Bauten, z. B. der Regenkanal an Stelle des Stadtgrabens oder der Hauptsammler B mit dem Kanal in der Kaiserstrasse vorerst zurückgestellt werden können[1]).

Berlin, 8. Dezember 1903.

---

1) Anmerkung. Wie uns bekannt geworden ist, hat der Magistrat auf Grund der vorstehenden Begutachtung beschlossen, die ursprünglich geplante rein mechanische Klärung noch durch Nachschaltung einer biologischen Reinigung der Abwässer zu ergänzen, und die obersten Aufsichtsbehörden haben sich daraufhin mit dem Projekt einverstanden erklärt unter der Bedingung, dass eine geordnete sachverständige Ueberwachung der Kläranlage sowie eine regelmässige Untersuchung der abfliessenden gereinigten Wässer und der Beschaffenheit des Vorfluters stattfindet, und dass für den Fall etwaiger epidemischer Ausbreitung von Typhus oder anderen für die Verbreitung durch das Wasser in Frage kommenden ansteckenden Krankheiten die Möglichkeit der Desinfektion der Abwässer vorgesehen wird. Für die Schlammbeseitigung verlangen die Behörden von vornherein ein hinreichend grosses Gelände vorzusehen, damit die Anlage im Bedarfsfalle vergrössert werden kann.

Was einige Unterlieger von Rastenburg betrifft, welche nach neueren behördlichen Feststellungen in ihrer Wasserversorgung bisher auf das Wasser der Guber angewiesen sind, so sind seitens der Behörden Massregeln zu möglichst baldiger Aenderung dieser hygienisch bedenklichen Art der Wasserversorgung in die Wege geleitet.

3.

Enteisenung bei Einzelbrunnen nach dem Verfahren der Firma Deseniss & Jacobi in Hamburg.

Von

Dr. med. **Karl Schreiber,**

Wissenschaftlichem Mitgliede der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

Seitdem mehrere brauchbare Verfahren ausgebildet sind, um im Grossbetriebe den Eisengehalt eines Wassers so weit zu entfernen, dass dasselbe dauernd klar bleibt, wird eisenhaltiges Wasser, bei dem sich Eisenverbindungen bei der Berührung mit der Luft ausscheiden, für zentrale Wasserversorgungen stets zuvor einer Enteisenung unterworfen. Notwendig wird diese Entfernung des Eisens durch den Umstand, dass der ausgeschiedene Eisenschlamm störende Ablagerungen und Verstopfungen in dem Rohrnetz hervorruft.

Bei Hof- und Strassenbrunnen kommt diese unangenehme Eigenschaft eisenhaltiger Wässer weniger in Betracht; es sind viele Brunnen, die zum Teil stark eisenhaltiges Wasser liefern, im Gebrauch. Dennoch kann Wasser, welches einen irgendwie erheblichen Eisengehalt besitzt, als einwandfreies Trinkwasser nicht angesehen werden. Häufig hat das eisenhaltige Wasser einen unangenehmen Geschmack und zeigt ausserdem entweder schon bei der Entnahme aus dem Brunnen oder einige Zeit nach der Berührung mit der Luft eine mehr oder minder milchig-trübe Beschaffenheit, bis sich nach längerer Zeit die Eisenverbindungen in Gestalt eines braun-roten Niederschlags absetzen. Obwohl mit dem Genuss von derartigem Wasser Gesundheitsschädigungen im allgemeinen nicht verbunden sind, fehlen ihm daher doch zwei wesentliche Eigenschaften, die einwandfreies Trinkwasser haben soll, nämlich: appetitliches Aussehen und guter Geschmack.

Auch zu Wirtschaftszwecken, insonderheit zum Waschen ist eisenhaltiges Wasser schlecht verwendbar, da das Eisen braune Flecke in

der Wäsche hervorruft. Die Erfahrung lehrt denn auch, dass von der Bevölkerung klarem eisenfreien Wasser, selbst wenn es hygienisch recht bedenklich ist, einem eisenhaltigen und daher unansehnlichen, aber sonst völlig einwandfreien Brunnenwasser gegenüber der Vorzug gegeben wird.

Wenn auch das Ideal des Hygienikers, die zentrale Wasserversorgung, mehr und mehr Verbreitung findet, so können Einzelbrunnen niemals ganz entbehrt werden. Daher hat die Hygiene ein hohes Interesse an der Konstruktion einer brauchbaren Handpumpe mit Enteisenungsvorrichtung. Es hat auch an Bestrebungen in dieser Richtung nicht gefehlt, und es sind bereits einige zum Teil recht brauchbare Verfahren bekannt geworden, deren Konstruktion sich wie z. B. die von der Gesellschaft Phönix gelieferte Enteisenungspumpe, wie ferner das sogenannte Dunbarsche Fass mehr oder weniger an das Piefkesche und das Oestensche Enteisenungsverfahren anlehnen. Diese Einrichtungen werden jedoch den Erfordernissen der Praxis und der Hygiene nicht völlig gerecht; eine allgemeine Verbreitung haben sie bisher nicht gefunden.

Vor mehreren Jahren ist nun von der Firma Deseniss & Jacobi in Hamburg-Borgfelde eine Enteisenungspumpe konstruiert werden, bei welcher die Enteisenung des Wassers in ähnlicher Weise bewirkt wird, wie dies im Grossbetriebe bei dem Büttner u. Meyerschen und ähnlichen Enteisenungsverfahren geschieht. Die Firma hat ihrer Enteisenungspumpe den Namen „Bastardpumpe“ gegeben.

Nachdem ich im Auftrage der Königlichen Prüfungsanstalt eine solche auf dem Fabrikhofe der genannten Firma in Borgfelde aufgestellte und seit längerer Zeit in Gebrauch befindliche Pumpe besichtigt hatte, wurde ich beauftragt, eine Versuchspumpe, welche von der genannten Firma für 3 Monate der Anstalt zur Verfügung gestellt wurde, auf die praktische Brauchbarkeit des Verfahrens zu prüfen.

Die von der Firma gelieferte Pumpe war mit Genehmigung der Kanalisationsdeputation der Stadt Charlottenburg auf dem Gelände des Hauptpumpwerkes an der Sophie-Charlottenstrasse in Charlottenburg aufgestellt worden. Sie war auf einen bereits bestehenden 44 m tiefen Rohrbrunnen aufgesetzt und bestand aus 2 wesentlichen Teilen: der sogenannten Bastardpumpe selbst und dem Filter. Die erstere war auf einen hölzernen Rahmen aufgeschraubt, der mit zwei Bändern an dem Filterzylinder befestigt war.

Die Bastardpumpe unterscheidet sich dadurch von einer gewöhnlichen Kolbenpumpe, dass dem Zylinder mit Saug- und Druckklappe, der wie sonst an das Saugerohr angeschlossen ist, also der eigentlichen Wasserpumpe, ein zweiter doppelt so grosser Zylinder als Luftpumpe aufgesetzt ist. An der konischen Verbindungsstelle zwischen beiden ist seitlich ein Luftsaugventil angebracht; ausserdem enthält der Luftzylinder noch einen Kolben mit Druckventil. Beide Kolben sitzen auf derselben Kolbenstange. Die Wirkung ist folgende: Hebt man den Schwengel, senkt man also damit die beiden Kolben, so tritt im Wasserzylinder (dem unteren Zylinder) das Wasser über das Druckventil, während das Saugventil sich schliesst. Senkt man dann den Schwengel, sodass die beiden Kolben sich heben, so nimmt der untere das den Wasserzylinder erfüllende Wasserquantum mit, während sich das Saugventil öffnet und neues Wasser nachströmt. Zugleich öffnet sich aber auch das Luftventil am Fusse des oberen Zylinders. Da der Inhalt des Luftzylinders doppelt so gross ist wie der des Wasserzylinders, so füllt sich dieser halb mit Luft und halb mit Wasser. Geht dann die Kolbenstange wieder abwärts, so schliesst sich das seitliche Luftventil, und das Gemisch von Luft und Wasser tritt über den oberen Kolben und wird so ins Filter geleitet. Das Luftwassergemisch wird dann durch eine Druckrohrleitung durch den Filterzylinder hindurch von oben her und durch eine zweite Druckleitung nach dem Auslaufrohr gedrückt.

Beide Druckleitungen kreuzen sich in einem Vierwegehahn. Stellt man diesen Vierwegehahn um, so nimmt das Luftwassergemisch von der Bastardpumpe aus den umgekehrten Weg durch den Zylinder und durchfliesst denselben von unten nach oben. Diese Einrichtung dient zum Spülen des Filters.

Der schmiedeeiserne Filterzylinder hatte eine nutzbare Höhe von 1250 mm und einen Durchmesser von 600 mm. Von der genannten Höhe kommen 80 mm auf die Stützkonstruktion des Filters. Als Filtermaterial dient Sand von $^1/_2$ mm Korngrösse.

Wie durch einen Versuch festgestellt wurde, beträgt bei grösstem Hube die pro Hub geförderte Wassermenge ca. 0,6 Liter.

Die Pumpe war von Anfang November 1904 bis Ende Januar 1905 täglich mit durchschnittlich 600 Liter Wasser in Anspruch genommen; nur am 23. November wurden ihr 3 cbm entnommen.

Die Rohwasserproben wurden bei Einstellung des Vierwegehahns auf „Spülung“ aus einem Zapfhahn entnommen, der an dem

Druckrohr zwischen der Pumpe und dem Filterzylinder angebracht war. Die Reinwasserproben wurden aus dem Auslauf der Pumpe aufgefangen.

In der untenstehenden Tabelle I sind die im Roh- und Reinwasser gefundenen Eisenmengen zusammengestellt, während die Tabelle II (S. 56) die ausführlichen Analysenresultate von je 2 Roh- und 2 Reinwasserproben enthält. Das Rohwasser zeigte die bei stark eisenhaltigen Wässern meist zu beobachtende Erscheinung, dass es entweder schon beim Austritt aus der Pumpe trübe war oder sich einige Zeit später beim Stehen in der Flasche trübte. Nach und nach setzte sich dann der bekannte braunrote Niederschlag ab, der sich mikroskopisch und chemisch als Eisenoxydhydrat erwies. Es dauerte stets mehrere Wochen, bis das Rohwasser sich vollkommen geklärt hatte. Aus dieser Beobachtung geht schon hervor, dass sich das Eisen in dem Wasser des Versuchsbrunnens ziemlich schwer ausscheidet; sie steht im Einklang mit der chemischen Beschaffenheit des Wassers. Das Wasser hatte nämlich einen etwas hohen Gehalt an organischer Substanz (9—10 mg Kaliumpermanganatverbrauch i. L.); die Erfahrung hat gezeigt, dass sich das Eisen in Wässern mit höherem Gehalt an organischen Substanzen (Huminsubstanzen) schwerer ausscheidet als in solchen, die wenig organische Substanzen enthalten.

Tabelle I.

Eisengehalt im Roh- und Reinwasser der Bastardpumpe.

Datum der Probeentnahme	Die Probeentnahme erfolgte nach Abpumpen von Litern	Rohwasser		Reinwasser		Bemerkungen
		Analysen-Nummer	Fe_2O_3 mg i. L.	Analysen-Nummer	Fe_2O_3 mg i. L.	
8. Nov.	190	1155	6,1	1156	0,07	
17. „	190	1166	6,1	1165	0,09	
19. „	10	—	—	1176	0,2	Vor der Probeentnahme war eine Rückspülung vorgenommen.
22. „	10	1202	5,5	1203	Spuren	
30. „	10	—	—	1257	„	
30. „	600	—	—	1258	0,1	
30. „	1200	—	—	1259	Spuren	
30. „	1800	—	—	1260	„	
30. „	2400	—	—	1261	„	
30. „	2700	—	—	1262	„	
30. „	3000	1264	7,5	1263	„	
16. Dez.	600	1375	7,5	1376	0,1	

T a

Analysen des Roh- u

No. der Analyse	Bezeichnung der Probe	Tag der Entnahme	Aeussere Beschaffenheit			Bodensatz		Reaktio
			Klarheit	Farbe	Geruch	Menge, Farbe etc.	Mikroskopischer Befund	
1264	Rohwasser	30. Nov.	Klar 1)	Farblos	Geruchlos	Gering, braun, flockig, nach längerem Stehen reichlich	Massenhafte Partikelchen von sehr kleinen Flöckchen Eisenoxydhydrat, keine lebende Organismen	Schwac alkalisc
1263	Reinwasser	30. „	Klar	„	„	Spuren	Vereinzelte winzige Holzpartikelchen	„
1375	Rohwasser	16. Dez.	Klar 1)	„	Paraffinähnlich 2)	Gering, braun, flockig, nach längerem Stehen reichlich	Flöckchen von Eisenoxydhydrat	„
1376	Reinwasser	16. „	Klar	„	Paraffinähnlich	Kein Bodensatz	—	„

Anmerkungen: 1) Die Proben waren anfangs klar, nach 24 Stunden stark getrübt. -

Der Gehalt an Eisenverbindungen war in dem Rohwasser des Versuchsbrunnens recht erheblich; er schwankte zwischen 5,5 und 7,5 mg i. L. (Fe_2O_3). Wie aus der Tabelle I hervorgeht, schien das Rohwasser um so reicher an Eisenverbindungen aus dem Untergrunde gefördert zu werden, je länger bei dem einzelnen Versuche gepumpt wurde.

In den Reinwasserproben wurden nur sehr geringe Mengen Eisen festgestellt. Nur in einem Falle wurde etwas mehr, nämlich 0,2 mg Eisen i. L. beobachtet. Dieser Befund erklärt sich zwanglos daraus, dass kurz zuvor eine Rückspülung des Filterzylinders vorgenommen war. Bei den übrigen Proben war der Eisengehalt stets geringer als 0,1 mg i. L.; meist konnten nur Spuren festgestellt werden.

Die Reinwasserproben blieben infolgedessen bei der Aufbewahrung in der Flasche sämtlich dauernd klar. In keiner einzigen konnte

belle II.

Reinwassers der Bastardpumpe.

In einem Liter sind enthalten mg								Gesamt-Härte	Permanente Härte	Verbrauch von Kalium permanganat in mg pro 1 Liter
Gesamtabdampfrückstand	Chlor	Ammoniak (NH_3)	Salpetersäure (N_2O_5)	Salpetrige Säure (N_2O_3)	Eisen (Fe_2O_3)	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)	Deutsche Härtegrade		
519	32	Spuren	0	0	7,5	160	26	19,6	9,5	10
523	32	0	0	0	Spuren	163	24	19,7	9,9	11
479	36	Spuren	0	0	7,5	154	23	18,6	9,0	9
483	36	„	0	0	0,1	160	23	19,2	10,0	10

2) Die Pumpe war vor dem Gebrauch geschmiert worden.

auch nach Wochen und Monaten eine Eisenausscheidung, weder mit unbewaffnetem Auge noch mit dem Mikroskop, festgestellt werden.

Die Untersuchungsergebnisse bezüglich der im Reinwasser enthaltenen Eisenmengen zeigen demnach, dass die Enteisenung des Wassers bei dem Versuchsbrunnen durch die Bastardpumpe so vollständig war, dass das erzielte Reinwasser allen Anforderungen, die man in dieser Richtung an ein gutes Trink- und Wirtschaftswasser zu stellen hat, vollkommen genügt.

Die Benutzung der Bastardpumpe gestaltet sich wie bei jeder anderen Schwengelpumpe. Allerdings gibt die Bastardpumpe, wenn der Schwengel in Bewegung gesetzt wird, nicht sofort Wasser; erst nach 6—10 Pumpenschlägen erscheint dasselbe am Auslauf. Dies erklärt sich dadurch, dass die in die Filterzylinder mit hineingepumpte Luft sich dort erst allmählich verdichten muss, um den Filterdruck zu überwinden. Beim Aufhören des Pumpens stellt sich allmählich

wieder der normale atmosphärische Druck im Cylinder ein, und infolge der vorangegangenen Kompression der Luft während des Pumpens läuft nach der Einstellung des Betriebes noch einige Minuten Wasser aus dem Auslaufrohr. Hierdurch wird der Filterzylinder fast von Wasser entleert.

Während der Zeit der Benutzung der Pumpe, die nicht ganz 3 Monate dauerte, konnte eine wesentliche Zunahme des für die Bewegung des Schwengels erforderlichen Kraftaufwandes nicht festgestellt werden. Eine merkbare Ansammlung von Eisenschlamm konnte also während der genannten Zeit nicht stattgefunden haben. Allerdings wurde im Anfang alle Paar Tage, später nach ca. 4 Wochen eine Rückspülung vorgenommen. Hierbei zeigten nur die ersten austretenden Spülwassermengen eine mässige Trübung.

Die Spülung selbst war sehr bequem; es genügte eine Umstellung des Vierwegehahns und ein wenige Minuten dauerndes Pumpen, um den im Filter befindlichen, lose anhaftenden Eisenschlamm zu entfernen. Wurde dann der Vierwegehahn wieder auf den Normalbetrieb eingestellt, so erhielt man nach einigen Pumpenschlägen bereits ein klares, nur geringe Mengen Eisen enthaltendes Wasser (vergl. Analyse No. 1176).

Bei der Lieferung und Aufstellung des Versuchsapparates war nicht darauf gerechnet worden, dass die Versuche erst im Winter ausgeführt werden konnten, und es war daher auf genügenden Schutz der Pumpe gegen Einfrieren nicht Bedacht genommen. So ist es erklärlich, dass die Pumpe bei den starken Frösten im Dezember und Januar vorübergehend einfror, trotzdem sie mit Fries umhüllt wurde. Infolge dessen musste im Dezember und Januar einige Tage der Betrieb ausgesetzt werden. Hierbei wurde beobachtet, dass das Luftventil der Pumpe eingerostet war. Bei einem regelmässigem Betriebe würde eine derartige Störung voraussichtlich nicht eintreten. Im Uebrigen braucht nicht hervorgehoben zu werden, dass man die Bastardpumpe ebenso wie jede andere Schwengelpumpe vor dem Einfrieren schützen kann und muss. Bei dem Zylinder ist die Gefahr des Einfrierens an sich schon nicht sehr gross, weil sich in dem Filtermaterial stets eine Mischung von Luft und Wasser befindet und das Wasser überdies bei Einstellung des Betriebes, wie oben erwähnt, fast vollständig durch die komprimierte Luft ausgetrieben wird. Der Rest des zurückgebliebenen Wassers lässt sich durch einen am Boden befindlichen Zapfhahn entleeren. Zweckmässiger ist es im allgemeinen,

wie dies auch von der Firma empfohlen wird, den Filterzylinder in einem frostfreien Raume, z. B. in einem unter Terrain befindlichen Schacht aufzustellen. Diese Anordnung macht technisch keine Schwierigkeit, da die Aufstellung des Zylinders unabhängig ist von derjenigen der Pumpe.

Wird der Filterzylinder in einem Schacht unter Terrain angebracht, so wird das ihn passierende Wasser im Sommer auch vor Erwärmung geschützt.

Der Forderung der Hygiene, dass das zu Trinkzwecken verwendete Wasser vor jeder Verunreinigung geschützt wird, entspricht die Konstruktion der Pumpe in jeder Weise. Die einzige Möglichkeit einer Verunreinigung, die in Frage kommen könnte, nämlich dadurch, dass Staub durch das Luftventil mit eingesaugt wird, lässt sich durch ein auf das Ventil aufgesetztes Luftfilter leicht vermeiden.

In chemischer Beziehung veränderte sich das Wasser des Versuchsbrunnens beim Durchgange durch die Bastardpumpe, abgesehen von dem Eisengehalt, fast gar nicht. Auch an Frische und Wohlgeschmack verlor das Wasser nichts. Wie sich jedoch der häufig bei eisenhaltigen Wässern auftretende Schwefelwasserstoffgeruch bei der angewandten Enteisenungsmethode verhält, konnte ich nicht prüfen, da das zur Verfügung stehende Rohwasser einen solchen Geruch nicht besass.

Soweit man demnach auf Grund einer dreimonatlichen Prüfung urteilen darf, entspricht die Bastardpumpe allen Anforderungen, die man hinsichtlich der Einfachheit der Konstruktion, der leichten Bedienung, der Entfernung des Eisens und des Schutzes gegen Verunreinigung an eine Handpumpe zu stellen hat.

Für Strassenbrunnen, welche mit einer Enteisenungsvorrichtung versehen werden sollen, wäre eine Vorrichtung zur leichten Ausschaltung der Enteisenung von Vorteil. Denn für manche Zwecke, wie z. B. zum Feuerlöschen, zur Strassensprengung, ist eine Enteisenung des Wassers nicht notwendig. Aus demselben Grunde würde es sich empfehlen, bei schon bestehenden Strassenbrunnen mit Brunnenkessel die Bastardpumpe neben der alten Schwengelpumpe unter gleichzeitiger Benutzung desselben Brunnenkessels aufzustellen.

4.

Zur Beurteilung des Ozonverfahrens für die Sterilisation des Trinkwassers.

Von

Dr. med. **Karl Schreiber,**

Wissenschaftlichem Mitgliede der Königl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung zu Berlin.

Nachdem Ohlmüller und Prall[1]) und darauf Proskauer und Schüder[2]) an den von der Firma Siemens & Halske A.-G. erbauten Ozonanlagen in Martinickenfelde und Schierstein den Nachweis erbracht hatten, dass das Ozon bei richtiger Anwendung zur Sterilisation des Trinkwassers im Grossen geeignet sei — ein Ergebnis, das Dr. Thiesing und ich auf Grund einiger im Jahre 1902 im Auftrage der Anstalt im Paderborner Wasserwerk vorgenommenen bakteriologischen Untersuchungen bestätigt fanden —, erschien im vorigen Jahre als Manuskript gedruckt eine Broschüre von Halbertsma und Dolezaleck: „Mitteilungen über das Ozonwerk zur Trinkwassersterilisierung in Schierstein a. Rhein", welche die Betriebssicherheit bei dem Ozonverfahren in Zweifel zog. In derselben, wenig günstigen Weise sprach sich Halbertsma auch öffentlich auf der 44. Jahresversammlung des Deutschen Vereines der Gas- und Wasser-Fachmänner in Hannover im Jahre 1904 aus. Er betonte insbesondere, dass die Behauptung, dass man die Ozonisierung im Gegensatz zur Sandfiltration anwenden könnte,

---

1) „Die Behandlung des Trinkwassers mit Ozon" von Ohlmüller und Prall in „Arbeiten aus dem Kaiserlichen Gesundheitsamte" Bd. XVIII, 1903, Heft 3.

2) „Ueber die Abtötung pathogener Bakterien im Wasser mittelst Ozon nach dem System Siemens u. Halske" von Schüder und Proskauer in der „Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten" Bd. 41, 1902. — „Weitere Versuche mit dem Ozon als Wassersterilisationsmittel im Wiesbadener Ozonwasserwerk" von Proskauer und Schüder in der „Zeitschrift für Hygiene und Infektionskrankheiten" Bd. 42, 1903.

ohne eine tägliche Kontrolle des Reinigungseffektes notwendig zu haben, sich als nicht stichhaltig herausgestellt habe, und dass die Keimzahl bei der Ozonisation unter Umständen nicht ab-, sondern zunähme. Infolgedessen beauftragte mich die Anstalt im Einvernehmen mit der Firma Siemens & Halske, das Paderborner Wasserwerk, speziell mit Rücksicht auf die Betriebssicherheit und die Kontrolle von Ozonanlagen, einer eingehenderen Untersuchung zu unterziehen. Diese Untersuchungen wurden mit dankenswerter Unterstützung eines Chemiker-Ingenieurs der Firma Siemens & Halske, des Herrn Dr. Marquardt, in der Zeit vom 12. bis 24. September 1904 vorgenommen.

Die beste Methode, ein Trinkwassersterilisationsverfahren auf seine Leistungsfähigkeit zu prüfen, ist m. E. die von Schüder[1]) ausgearbeitete und von Proskauer und Schüder bei der Prüfung der Anlagen in Martinickenfelde und Schierstein angewandte. Sie besteht im wesentlichen darin, dass dem Rohwasser entweder Cholera- oder Typhuskeime oder in ihrer Resistenz diesen ähnliche Bakterien als Aufschwemmung zugesetzt werden, und dass dann möglichst grosse Mengen des sterilisierten Wassers auf das Vorhandensein solcher Keime unter Anwendung von Anreicherungsverfahren untersucht werden. Die Prüfung des Paderborner Wasserwerks nach dieser Methode, auch in der Form, dass als unschädlich geltende Keime dem Wasser zugesetzt werden, wurde von dem Magistrat nicht gestattet, weil die absolute Unschädlichkeit solcher dem Typhus bezw. der Cholera verwandten Keime nicht genügend garantiert werden konnte, Ich war daher zur Feststellung, dass in der Paderborner Anlage derartige ev. in das Rohwasser gelangte pathogene Keime abgetötet werden, auf eine indirekte Beweisführung angewiesen. Es kamen zwei Methoden in Betracht: 1. Der Nachweis, dass auch in der Paderborner Anlage die im Rohwasser vorhandenen Keime bis auf ein Minimum reduziert werden, ebenso wie dies bei anderen gut funktionierenden Anlagen gefunden wurde. 2. Die Feststellung, dass bei regulärem Betriebe in dem ozonisierten Wasser sofort nach dem Verlassen der Sterilisationstürme noch ein Ueberschuss von Ozon vorhanden ist.

Massgebend für die Anwendung dieser indirekten Methoden war die Erwägung, dass das Paderborner Wasserwerk genau nach dem Vorbilde der Versuchsanlage in Martinickenfelde ausgeführt worden

1) „Zeitschrift f. Hygiene u. Infektionskrankheiten". Bd. 39. S. 379ff.

war. Die Vorbedingungen für die Sterilisation des Wassers durch Ozon lagen überdies in Paderborn noch bedeutend günstiger als in Martinickenfelde und in Schierstein. Wie von allen Autoren festgestellt ist, hängt nämlich der Sterilisationseffekt in hohem Grade von der Menge der oxydablen Stoffe im Rohwasser ab[1]). Je ärmer das Wasser an oxydablen Substanzen ist, desto leichter und mit desto geringeren Mengen Ozon ist das Wasser zu sterilisieren. Nun betrug der Sauerstoffverbrauch in Schierstein durchschnittlich 1,7 mg im Liter und in Martinickenfelde sogar bis über 10 mg im Liter; in dem Paderborner Quellwasser dagegen wurde während der Zeit der Untersuchung durchschnittlich nur 0,19 mg im Liter Sauerstoffverbrauch, meist noch weniger, festgestellt. Dieser geringe Gehalt an oxydablen organischen Substanzen nimmt in Paderborn im allgemeinen auch nicht zu, wenn nach ausgiebigen Niederschlägen, wie sie gerade zur Zeit meiner Untersuchungen in Paderborn eintraten, eine erhebliche Erhöhung der Keimzahl eintritt. Bei dieser für die Ozonbehandlung ausserordentlich günstigen Beschaffenheit des Paderborner Rohwassers war die Annahme berechtigt, dass der Sterilisationseffekt hier sicher ebenso günstig sei wie in Martinickenfelde, wenn durch die erwähnten indirekten Methoden nachgewiesen werden konnte, dass die Anlage in normaler Weise arbeitet.

Das in Paderborn zur Wasserversorgung verwendete Rohwasser stammte während der Zeit meiner Untersuchungen zum grössten Teil aus einer zur Gruppe der Börnepader-Quellen gehörigen Quelle (gewöhnlich als Quelle III bezeichnet), die früher, vor Errichtung der Ozonanlage, von der Benutzung ausgeschlossen werden musste, weil sie sich als unzweifelhaft verunreinigt erwiesen hatte. Die beiden Trinkwasserquellen, Quelle I und II, die weniger suspekt sind und daher vordem ausschliesslich zur Versorgung der Stadt Paderborn dienten, waren infolge der anhaltenden Dürre im vorigen Jahre fast gänzlich versiegt,

1) An und für sich deckt sich die Oxydation durch Kaliumpermanganat, wie sie zur Bestimmung der organischen Substanz angewendet wird, nicht mit der Oxydation durch Ozon, da bei der ersteren Untersuchungsmethode die Oxydation nach Aufschliessung der Substanz durch Schwefelsäure in der Wärme bestimmt wird, während der Prozess beim Ozon ohne solche Vorbehandlung auf kaltem Wege vor sich geht. Bis jetzt sind leider alle Versuche, eine Untersuchungsmethode zu finden, die auf der Oxydation auf kaltem Wege wie bei der Ozonisierung beruht, fehlgeschlagen. Immerhin gibt die Permanganatmethode einen ungefähren Anhalt für die Menge der durch Ozon oxydierbaren Stoffe im Wasser.

und man hatte im Vertrauen auf die zuverlässige Wirkung der Ozonisierung wieder gewagt, die Quelle III zur Wasserversorgung heranzuziehen.

Die Verunreinigung dieses Quellwassers konnte auch durch meine Untersuchungen wieder nachgewiesen werden. Am ersten Tage der Untersuchung, am 13. September, war nach längerer Trockenperiode ein ziemlich erheblicher Gewitterregen über Paderborn niedergegangen, und auch in den folgenden Tagen hatte es mehrfach geregnet. Infolgedessen stieg, wie dies auch früher stets beim Eintreten von stärkeren Niederschlägen beobachtet war, der Keimgehalt des Quellwassers. Während in demselben sonst durchschnittlich weniger als 150 Keime gezählt wurden, konnten am 14. September 1904 840 und am folgenden Tage 852 Keime (bei Verwendung der vom Kaiserl. Gesundheitsamte vorgeschriebenen Gelatine, Bebrütung bei 22° C. und Zählung der Keime nach zweimal 24 Stunden mit der Lupe) festgestellt werden. In den darauffolgenden Tagen, an welchen es dann nicht mehr regnete, fiel die Keimzahl ganz allmählich, um nach 10 Tagen bis auf 67 Keime im Kubikzentimeter zu sinken. Das bakteriologische Bild zeigte auf den von dem Rohwasser angelegten Kulturplatten, wie dies bei verunreinigten Quellen stets zu beobachten ist, eine grosse Mannigfaltigkeit der zur Entwickelung gekommenen Kolonien. Neben einer grossen Anzahl von Arten, welche nicht näher bestimmt wurden, fanden sich häufig auch Farbstoffbildner, z. B. Bacillus prodigiosus, Bacillus violaceus u. a. Vor allem konnten unter den sich auf den Rohwasserplatten entwickelnden Keimen neben einigen coliartigen auch echte Colikeime, deren Identität durch genauere Untersuchung im Laboratorium festgestellt wurde, mit Sicherheit nachgewiesen werden.

Das Ansteigen der Keimzahl nach dem Regen, der Reichtum an Bakterienformen auf den Kulturplatten und der Nachweis von Bacterium coli bestätigte somit von neuem die bereits erwähnte Tatsache, dass das für die Paderborner Wasserleitung verwendete Quellwasser, insbesondere also die Quelle III zeitweise stark verunreinigt ist.

In dem Reinwasser wurden bei den Untersuchungen in jedem Kubikzentimeter nur einige wenige, höchstens 5 Keime, gefunden. Bei sorgfältigem Ausschluss jeder Luftinfektion entwickelten sich in den mit 1 ccm angelegten Platten unter Beobachtung der obenerwähnten Untersuchungsbedingungen durchschnittlich 1,1 Keime. Viele

Platten waren nach zweimal 24 Stunden steril geblieben, auf einigen hatten sich auch nach Wochen keine Kolonien entwickelt. Auch an den Tagen, wo im Rohwasser über 800 Keime festgestellt waren, war der Keimgehalt des ozonisierten Wassers nicht höher als sonst. Colikeime habe ich in dem ozonisierten Wasser nicht gefunden.

Aus dieser starken Verminderung der Keimzahl darf geschlossen werden, dass die Anlage gut funktionierte und zwar auch an den Tagen, wo eine offensichtliche Verunreinigung des Rohwassers konstatiert wurde.

Als zweiter, und wie später gezeigt werden soll, wichtigerer Indikator für den ordnungsmässigen Betrieb der Anlage und für einen ausreichenden Sterilisationseffekt ist der Nachweis des Ozons in dem ozonisierten Wasser anzusehen. Wird in dem Wasser sofort nach dem Verlassen des Sterilisationsturmes Ozon gefunden, so kann man daraus schliessen, dass die oxydablen Stoffe im Wasser nicht alles Ozon verbraucht haben. Zu diesen oxydablen Stoffen hat man auch die Bakterien zu rechnen. Das Ozon greift hierbei, wie Ohlmüller auf Grund seiner Versuche in einem Vortrage auf der 28. Versammlung des Deutschen Vereins für öffentliche Gesundheitspflege hervorgehoben hat, zunächst die leblosen oxydablen Stoffe an, und erst, wenn ihre Oxydation bis zu einem gewissen Grade fortgeschritten ist, wird die Bakteriensubstanz von dem Oxydationsprozess ergriffen. Wird hierbei nicht alles Ozon verbraucht, so ist der Rest im ozonisierten Wasser sofort nach dem Verlassen der Sterilisationstürme noch nachzuweisen. Der positive Ausfall der Ozonreaktion beweist demnach, dass das Ozon auch auf die Bakterien seine Wirkung ausgeübt haben muss.

Dieses Verhältnis zwischen der Ozonreaktion und der Abtötung der Bakterien geht besonders deutlich aus einigen Versuchen von Halbertsma in Schierstein hervor. An den Tagen, vom 23. November bis 1. Dezember nämlich, wo in dem sterilisierten Wasser Ozon nicht mehr mit Sicherheit nachgewiesen werden konnte, war auch die Abtötung der Bakterien ungenügend. Der Grund für dieses Versagen der Ozonanlage ist darin zu suchen, dass das Wasser, welches an diesen beiden Tagen für die Versuche benutzt wurde, einen Sauerstoffverbrauch von 2,56 mg i. L. und überdies 3,03 mg Eisen besass. Auf ein Wasser mit so hohem Gehalt an oxydablen Substanzen war bei der Abmessung der zur Verwendung gelangenden Ozonmenge nicht gerechnet worden. Vertragsmässig war angenommen worden, dass

das Wasser nicht mehr als 2 mg Sauerstoffverbrauch im Liter haben sollte. An den erwähnten Tagen aber, an welchen zu Versuchszwecken Wasser aus völlig verunreinigten Brunnen in die Ozonanlage geleitet wurde, war der Gehalt an organischer Substanz erheblich grösser. Infolgedessen reichte das zur Verwendung kommende Ozon nicht vollkommen aus, um alle oxydablen Substanzen zu oxydieren; es gelang, wie in der erwähnten Broschüre bemerkt wird, nur nach Ansäuern, in dem Wasser Ozon nachzuweisen, d. h. der Gehalt des Wassers an Ozon war nur noch minimal. Dass der Keimgehalt des ozonisierten Wassers an diesen Tagen grösser war, als der des Rohwassers, ist nicht verwunderlich und wird im Nachtrage der Broschüre auch ganz richtig dadurch erklärt, dass die Anlage nur einige Stunden im Betriebe war. Mit der Ozonisierung als solcher hat diese Erscheinung nichts zu tun.

Aehnlich wie bei den Versuchen vom 23. November bis 1. Dezember lagen die Verhältnisse in Schierstein auch am 6. März. An diesem Tage ist die Keimzahl im Reinwasser höher als sonst; es wurden durchschnittlich 13 Keime im Kubikzentimeter gefunden, während sonst immer nur einige wenige Keime nachgewiesen werden konnten. Die Ozonreaktion wird als „sehr schwach“ bezeichnet. Es muss also angenommen werden, dass auch an diesem Tage die Ozonmenge zu gering war, um einen genügenden Sterilisationseffekt zu erzielen. Eine Erklärung für diesen Mangel an Ozon ist allerdings nicht zu ersehen; denn der Sauerstoffverbrauch des Rohwassers betrug an diesem Tage nur 1,5 mg i. L. Man muss also annehmen, dass irgend eine Betriebsstörung vorgelegen hat. Auf jeden Fall zeigen auch die Befunde am 6. März wiederum das Verhältnis der Ozonreaktion zu dem Sterilisationseffekt.

So lange ich in Paderborn untersuchte, habe ich einen negativen Ausfall der Ozonreaktion nicht konstatieren können. Uebrigens war es in Paderborn zu dieser Zeit nicht nötig, diese Reaktion chemisch festzustellen, weil der Ueberschuss an Ozon in diesem Wasser sich schon durch den Geruch in jedem Falle stark bemerkbar machte. Der Ozongeruch in dem Paderborner Reinwasser beim Austritt aus dem Sterilisationsturm war ausserordentlich stark und hielt sich in geschlossener Flasche tagelang. In dem grösseren Vorratsbehälter des Paderborner Wasserwerks konnte gewöhnlich noch ein sehr schwacher Ozongeruch wahrgenommen werden. Bei den Zapfstellen in den Häusern, auch an den dem Wasserwerk am nächsten liegenden,

wurde an dem Paderborner Leitungswasser Ozongeruch jedoch nicht beobachtet. Uebrigens wird in Paderborn das Ozon länger im Wasser zurückgehalten als bei dem Schiersteiner und Martinickenfelder Wasser — hier verlor sich der Geruch schon nach wenigen Minuten. — Ich bin der Ansicht, dass diese Erscheinung auf den ausserordentlich niedrigen Gehalt des Paderborner Trinkwassers an organischer Substanz zurückzuführen ist. Wie ich nämlich im Anschluss an diese Paderborner Beobachtung durch ergänzende Versuche im Laboratorium festgestellt habe, haftet der Ozongeruch an dem ozonisierten Wasser im allgemeinen um so länger, je weniger organische oder sonst oxydable Substanz dasselbe enthält. Am längsten hält sich der Ozongeruch in ozonisiertem destillierten Wasser.

Ein negativer Ausfall der Ozonreaktion in dem ozonisierten Wasser ist auch von anderen Untersuchern in Paderborn niemals beobachtet worden; wohl aber wurde von dem Apotheker Böttrich in Paderborn, welcher das Wasser im Auftrage des Magistrates mehrere Male im Monat auf seinen Keimgehalt untersucht und seit einiger Zeit auch die Ozonreaktion im Reinwasser prüft, in den Tagen vom 11. bis 13. November 1904 nur eine „sehr schwache" Ozonreaktion festgestellt. An den Tagen vor dem 11. November waren ausnahmsweise starke Niederschläge in Paderborn und Umgebung gefallen und in den folgenden Tagen daher der Keimgehalt des Wassers ausserordentlich angestiegen. Das Verhältnis zwischen den Niederschlagsmengen und den damals gefundenen Keimzahlen geht aus der folgenden Tabelle hervor:

Datum	Niederschlagsmenge[1]) in 24 Stunden mm	Keimzahl	
		im Rohwasser	im ozonisierten Wasser
6. November	0,0	—	—
7. „	0,2	—	—
8. „	5,4	—	—
9. „	7,8	—	—
10. „	41,0	—	—
11. „	2,1	2712	9[2])
12. „	0,0	3060	13
13. „	0,0	820	11

1) Nach den Aufzeichnungen des Königl. meteorologischen Institutes in Berlin, dem ich an dieser Stelle für die mir gegebenen freundlichen Auskünfte meinen ergebensten Dank ausspreche.

2) Siehe Fussnote auf S. 67.

Es handelte sich hier um ein Ergebnis, das sehr selten eintritt. Nach den Aufzeichnungen des Königl. meteorologischen Instituts sind ähnlich starke Niederschläge in den letzten 13 Jahren nur zweimal, am 7. Mai 1898 (45,5 mm) und am 7. September 1902 (51,1 mm) beobachtet worden. Man wird wohl annehmen müssen, dass in solchen exceptionellen Fällen ebenso wie in der Zeit vom 11. bis 13. November 1904 das Wasser einen wesentlich höheren Gehalt an oxydablen Substanzen besitzt. Immerhin reichte die verwendete Ozonmenge gerade noch aus, um einen ausreichenden[1]) Sterilisationseffekt zu erzielen. Dennoch war der Ausfall der Ozonreaktion als Warnung anzusehen, dass der Sterilisationseffekt gefährdet war, und es wäre in diesem Falle, der, wie gesagt, nur äusserst selten eintritt, empfehlenswert gewesen, die Ozonmenge durch Erhöhung der elektrischen Spannung an den arbeitenden Ozonapparaten oder durch Heranziehung der Reserven vorübergehend zu erhöhen, oder eine geringere Wassermenge durch die Anlage zu schicken, um so den Sterilisationseffekt zu verstärken.

Im übrigen hat in technischer Beziehung die Paderborner Anlage während ihres 3jährigen Bestehens völlig zufriedenstellend funktioniert. Wenn sich auch im einzelnen, besonders hinsichtlich der Betriebssicherheit, wie ich weiter unten erörtern werde, noch Verbesserungen anbringen lassen, so ist eine irgendwie erhebliche Störung des Betriebes während dieser Zeit nicht eingetreten.

Dass überhaupt die Ozonanlage den gehegten Erwartungen bisher

1) (Zugleich Fussnote 2 zu S. 66): Ich bemerke hierzu, dass Herr Apotheker Böttrich in Paderborn, der, wie oben bemerkt, die regelmässigen bakteriologischen Untersuchungen im Ozonwerke ausführt, stets etwas höhere Keimzahlen im ozonisierten Wasser erhalten hat, als sie von anderen Untersuchern in ozonisierten Wässern und von mir gefunden wurden. Diese geringen Differenzen lassen sich jedoch zwanglos durch die wenigstens früher bestehende Schwierigkeit einer ganz einwandfreien Probeentnahme, durch den Transport der Proben u. a. erklären. Für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Anlage kommt es im allgemeinen nur auf relative Zahlen an, so dass die in der bisherigen Weise ausgeführten Untersuchungen den Anforderungen der Praxis entsprechen. In einem mir vor kurzem zugestellten Berichte über die Untersuchungsergebnisse nach heftigen Niederschlägen in diesem Jahre hat der genannte Untersucher übrigens auch verhältnismässig weniger Keime, als früher, im Reinwasser gefunden. Es wurden am

29. Juli im Rohwasser 1800 Keime, im Reinwasser 5 Keime
30. „ „ „ 3620 „ „ „ 2 „
31. „ „ „ 998 „ „ „ 1 „

festgestellt.

entsprochen hat, lassen die sanitären Verhältnisse in Paderborn erkennen. Seit der Inbetriebnahme im Jahre 1902 sind Typhusepidemien, die sonst alle paar Jahre in Paderborn auftraten und die auch in der Umgebung von Paderborn in den letzten Jahren beobachtet wurden (Lippspringe, Detmold u. a.), ausgeblieben. Gerade im vorigen Jahre hätte man nach Analogie der früheren Jahre nach der langen Dürre sich auf den Ausbruch einer Typhusepidemie gefasst machen müssen.

Fragt man sich nun, von welchen Faktoren die Grösse des Sterilisationseffektes einer Ozonanlange nach dem System der Firma Siemens & Halske abhängt, so kommen vor allem vier Faktoren in Betracht:

1. Die Beschaffenheit des Wassers,
2. Die Menge des die Anlage durchfliessenden Wassers,
3. Die Konzentration der Ozonluft und
4. Die angewandte Menge dieser Ozonluft.

Sämtliche Faktoren sind variabel und zwar die Faktoren 1 und 2 in Abhängigkeit von den jeweiligen Witterungs- und Betriebsverhältnissen, während die Faktoren 3 und 4 in Abhängigkeit von den Faktoren 1 und 2 stehen. Die Aufgabe besteht bei Einrichtung und Betrieb eines Ozonwasserwerks darin, dass a) die Variabilität der Faktoren 1 und 2 (Wasserqualität und Wasserquantität) richtig geschätzt und dass b) Mittel geschaffen werden, die Faktoren 3 und 4 (Konzentration und Menge der Ozonluft) genau der Variabilität von 1 und 2 anzupassen und von Störungen in dem Funktionieren der Betriebsanlage unabhängig zu machen.

Zieht man diese Verhältnisse in Paderborn in Betracht, so unterliegt die Beschaffenheit des Wassers allerdings nur sehr geringen Schwankungen. In Betracht kommen nur die oxydablen, also hauptsächlich die organischen Substanzen und auch oxydable Eisenverbindungen. Eisen ist im Paderborner Wasser nur in ganz unbedeutenden Mengen vorhanden. Der Gehalt der gelösten organischen Substanzen ist, wie erwähnt, ebenfalls nur gering, und zwar nimmt die Menge der organischen Substanzen auch nach atmosphärischen Niederschlägen, wo man aus der Erhöhung der Keimzahl doch auf eine grössere Verunreinigung schliessen könnte, nicht wesentlich zu. So wurde am 14. und 15. September, wo Keimzahlen über 800 beobachtet wurden, in dem Rohwasser nur ein Sauerstoffverbrauch von 0,3 bezw. 0,22 mg i. L. festgestellt, während bei geringem Keimgehalt des Wassers 0,14 bis 0,19 gefunden wurden. Diese Erscheinung lässt sich wohl nur da-

durch erklären, dass das Quellwasser in seinem unterirdischen Verlaufe grosse Spalten und Höhlen passiert, die sich in dem Pläner Kalk durch Auswaschung gebildet haben, und dass die Schmutzstoffe, die bei starken Niederschlägen in den Untergrund gelangen, gegenüber der Wassermenge, welche in den unterirdischen Reservoiren angesammelt ist, verhältnismässig gering sind. Andererseits wird die Anzahl der Keime bei grossen Niederschlägen vermutlich dadurch erhöht, dass beim Ansteigen des Wassers die an den Wandungen der Spalten vegetierenden Bakterien abgeschwemmt werden.

Suspendierte Bestandteile werden in dem Paderborner Quellwasser, wenigstens in irgendwelchen bemerkbaren Mengen, gewöhnlich nicht beobachtet, nur bei sehr starkem Regen, wie z. B. am 10. November 1904 (vergl. S. 67) konnte man, wie mir mitgeteilt wurde, eine Opaleszenz des Quellwassers erkennen[1]). Ausser diesen verhältnismässig selten auftretenden leichten Trübungen werden als Suspensionen jedoch auch zeitweise grössere lebende tierische Organismen beobachtet und zwar in Gestalt von lebenden Gammaruskrebsen. Dieselben sind von sehr verschiedener Grösse. Neben Exemplaren, welche in gestrecktem Zustande bis zu 1,5 cm Länge zeigen, habe ich auch viele kleine bis zu solchen von kaum sichtbarer Grösse gefunden. Diese Gammaruskrebse, die besonders nach starkem Regen mit dem Quellwasser herausgeschwemmt werden und sich dann in den Rohwasserbassins über den Sterilisationstürmen ansammeln, besitzen eine grosse Resistenz gegen die Ozonwirkung. Wie ein Versuch ergab, war eine 35 Minuten dauernde Ozonisation des Wassers erforderlich, um alle Exemplare abzutöten. Wenn solche Organismen in die Sterilisationstürme gelangen, so könnten sie in doppelter Beziehung den Sterilisationseffekt gefährden: Einerseits könnten diese Krebschen, die doch auch oxydable Substanz repräsentieren, den Sterilisationseffekt wenigstens in den sie umgebenden Wasserteilchen in Frage stellen; andererseits ist es nicht ausgeschlossen, was allerdings noch durch besondere Versuche festzu-

1) Leider ist das Wasser an diesem Tage nicht chemisch untersucht worden. Da man bei auftretenden Trübungen auch eine Zunahme der organischen gelösten und ungelösten Substanzen nach dem S. 67 Gesagten vermuten muss, würde es sich empfehlen, derartiges Wasser jedesmal chemisch zu untersuchen, um den maximalen Gehalt des Wassers an organischen Substanzen, der für die Abmessung der zur Verwendung kommenden Ozonmenge bestimmend ist, bei dieser Gelegenheit festzustellen.

stellen wäre, dass die Krebschen eventuell in das Wasser hineingelangte Krankheitserreger in sich aufnähmen und der Abtötung durch Ozon entzögen. Vermutlich werden sich die Gefahren nur sehr gering erweisen: ich habe bei sorgfältigem Durchfischen des Reinwasserbassins mit dem Planktonnetz nur ein einziges 2 mm grosses abgestorbenes Krebschen gefunden. Wenn auch die lebenden Krebschen infolge ihrer grossen Beweglichkeit mit dem Planktonnetz schwer zu fangen sind, kann man doch wohl im allgemeinen annehmen — nur häufigere, speziellere Untersuchungen könnten darüber sicheren Aufschluss gewähren —, dass die Krebschen es vermeiden, in die zu den Sterilisationsräumen führenden Abflussrohre gesaugt zu werden oder dass sie durch den Kies in den Sterilisationstürmen aufgehalten bezw. abgefangen werden. Trotzdem halte ich es für besser, diese an und für sich harmlosen Tierchen aus dem Rohwasser vor dem Eintritt desselben in die Sterilisationstürme zu entfernen, schon aus dem Grunde, weil sie die Appetitlichkeit des zu Trinkzwecken benutzten Wassers beeinträchtigen könnten. Da es überdies, wie schon erwähnt, nicht undenkbar ist, dass unter Umständen, besonders nach sehr starken Regengüssen, in grösserer Menge organische suspendierte Bestandteile in das Quellwasser gelangen, und da hierdurch dann der Sterilisationseffekt ebenfalls beeinträchtigt werden könnte, halte ich es für durchaus wünschenswert, dass auch in Paderborn, wie dies in Martinickenfelde eingerichtet war, ein Schnellfilter oder mindestens ein der Schnellfilterwirkung in bezug auf die Zurückhaltung der erwähnten Körper nahekommendes System von Filtertüchern vor diese Anlage eingeschaltet wird. Der Betrieb würde sich, da im allgemeinen keine suspendierten Bestandteile auftreten, wohl sehr einfach gestalten und keine besondere Wartung erforderlich machen.

Der zweite Faktor, welcher für den Sterilisationseffekt von Wichtigkeit ist, ist die Wassermenge, die stündlich durch die Ozontürme hindurchfliesst. In Paderborn ist dieser Faktor sehr wenig variabel, da das Wasserwerk mit Reservoir arbeitet. Es sind gewöhnlich beide Ozontürme gleichzeitig im Betrieb.

Gegen die Störungen des Funktionierens der Betriebsanlage ist in Paderborn dadurch eine Sicherheit geschaffen, dass das Wasserwerk sofort automatisch stillgestellt wird, wenn die elektrische Anlage versagt oder wenn die Zuführung der Ozonluft zu dem Wasserturm eine Störung erfährt. Die Betriebsspannung der elektrischen Anlage soll 110 Volt betragen; ich habe während der Versuchszeit aber auch

niedrigere Spannungen, und zwar bis zu 80 Volt herab festgestellt. Nach den Erklärungen der Firma Siemens & Halske ist noch eine Spannung von 70 Volt, die Spannung, auf die der Abstellungsautomat eingestellt ist, zulässig; mit Rücksicht darauf, dass in Paderborn nicht mit speziell fachtechnischem Betriebspersonal zu rechnen ist, habe ich vorgeschlagen, dort zur Sicherheit noch einen automatischen Spannungsregulator anzubringen, der, selbst wenn man solche automatisch wirkenden Einrichtungen nicht überschätzt, doch immerhin noch ein neues Sicherheitsmoment bedeutet. Ausserdem halte ich zur Kontrolle des Wärters noch die Anbringung eines automatischen Spannungsregistrierers für vorteilhaft. Beide Apparate werden demnächst angebracht.

Ganz besondere Aufmerksamkeit ist dem dritten für den Erfolg einer Ozonanlage bestimmenden Faktor, der Ozonkonzentration, zuzuwenden; von ihm hängt nicht nur in erster Linie die Menge des dem Wasser zugeführten Ozons ab, er ist auch bestimmend für die Menge des von dem Wasser auch wirklich absorbierten Ozons und ausserdem auch für die Intensität der Einwirkung des Ozons auf die Bakterien. Die Ozonkonzentration muss bei höherem Gehalt des Wassers an organischer Substanz grösser sein als bei niedrigerem Gehalt, da wenigstens der leicht oyydable Teil der organischen Substanzen Ozon verzehrt, bevor dasselbe genügend auf Bakterien hat wirken können. Jedes Ozonwerk ist deshalb für ein bestimmtes Minimum der Ozonkonzentration einzustellen, und es ist streng darauf zu achten, dass diese Konzentration beim praktischen Betriebe nicht wesentlich unterschritten wird.

In Paderborn ist mit Rücksicht hierauf die Anlage so eingerichtet worden, dass der Betrieb nicht nur dann abgestellt wird, wenn die Ozonanlage ganz versagt, sondern bereits, wenn eine Gefährdung der Ozonkonzentration im Sinne obiger Betrachtungen zu befürchten ist. Dieser Fall liegt 1. dann vor, wenn die Wechselstromspannung unter 70 Volt sinkt, und 2. dann, wenn ein Teil der Ozonapparate versagen sollte. Der oben erwähnte Abstellungsautomat ist deshalb nicht nur auf ein Sinken der Spannung, sondern auch auf ein Sinken der den Ozonapparaten zugeführten Stromstärke, oder, einheitlich ausgedrückt, auf ein Sinken des elektrischen Effektes um ca. 30 % eingestellt. Bei der Konzessionierung weiterer Ozonwerke wird der Einstellung dieser Automaten von der Aufsichtsbehörde besondere Aufmerksamkeit gewidmet werden müssen (s. u.), vielleicht

wäre auch wohl zu verlangen, dass, anders als in Paderborn, der Automat, nachdem er richtig eingestellt ist, den unbefugten Eingriffen von seiten des Personals entzogen wird.

Der vierte Faktor, welcher für den Sterilisationseffekt von Bedeutung ist, ist die Menge der ozonisierten Luft, welche in die Sterilisationstürme geschickt wird und welche durch den Gang der Luftpumpe reguliert wird. Auch hierfür ist, wie schon erwähnt, seitens der Firma eine sehr einfache Sicherheitsvorrichtung angebracht, welche schon beim Langsamwerden des Luftstromes die Zuflussventile für das Wasser zu den Sterilisationstürmen schliesst.

Dass durch eine solche plötzliche Unterbrechung des Betriebes, wie sie bei der Betätigung der erwähnten Sicherheitsvorrichtung eintritt, der Sterilisationseffekt nicht vermindert wird, wurde bei einem am 22. September vorgenommenen Versuch bakteriologisch geprüft. Es wurde der Betrieb absichtlich plötzlich unterbrochen. Während sich die Ventile für den Wasserzufluss zu den Sterilisationstürmen sofort schlossen, dauerte es noch ca. 2 Minuten, bis das in den Sterilisationstürmen bereits befindliche Wasser abgelaufen war. Einige Minuten vor der Unterbrechung des Betriebes bis etwa 5 Minuten nachher wurde alle Minute eine Probe des ozonisierten Wassers entnommen und zur Plattenaussaat gebracht. Die Anzahl der Keime, welche auf den Platten wuchs, war ebenso gering wie beim regulären Betriebe.

In derselben Weise wurde auch die Inbetriebsetzung der Anlage am 20. und 22. September auf ihre Sicherheit hinsichtlich des Sterilisationseffektes bakteriologisch geprüft.

Wenn die Maschinen angelassen sind, dürfen die Wasserförderungspumpen erst in Betrieb gesetzt werden, wenn die Spannung die erforderliche Höhe erreicht hat. Dieser Zeitpunkt trat nach etwa 5 Minuten ein. Aus der geringen Anzahl der Keime, welche in den alle Minuten entnommenen Reinwasserproben festgestellt wurden, lässt sich entnehmen, dass der Sterilisationseffekt ausreichend ist, wenn die Anlage in der genannten Weise in Betrieb gesetzt wird.

Die erwähnten automatischen Einrichtungen zum Konstanthalten der Spannung und der regelmässigen Zufuhr der Ozonluft dürften jedoch allein nicht für ausreichend erachtet werden, um dauernd einen zuverlässigen Betrieb der Anlage zu gewährleisten. Auch die beste automatische Sicherheitsvorrichtung kann eine zuverlässige Aufsicht nicht völlig ersetzen. Es ist vielmehr durchaus notwendig, dass der

Betrieb der Anlage von einem im elektrischen Betriebe erfahrenen Beamten dauernd überwacht wird. Diesem Beamten muss es auch überlassen bleiben, bei Anlässen, welche eine besonders starke Verunreinigung des Rohwassers herbeiführen, also z. B. in Paderborn nach grossen Niederschlägen, die Ozonkonzentration, die sonst dauernd gleich hochgehalten werden soll, zu steigern und vorübergehend eventuell die Reserven zu Hilfe zu nehmen, oder die Durchflussmenge des Wassers zu erniedrigen. Die Ozonreaktion gibt einen Anhalt dafür, wenn etwa der Sterilisationseffekt der Anlage gefährdet ist. Ueberhaupt dürfte es vorteilhaft sein, dass täglich mehrere Male die Ozonreaktion an dem ozonisierten Wasser ausgeführt wird. Diese Prüfung ist so einfach, dass sie auch von dem Maschinisten ausgeführt werden kann. Es würde sich jedoch wohl empfehlen, die Anstellung der Ozonreaktion möglichst zu erleichtern und Einrichtungen zu treffen, die es gestatten, das Wasser auf seinen Ozongehalt zu prüfen, ohne dass die Untersucher mit ihren Händen mit dem Rohwasser in Berührung kommen.

Für die Genehmigung und Beaufsichtigung von Ozonanlagen durch die Verwaltungsbehörden wären auf Grund der bisherigen Erfahrungen und der in Paderborn von mir gemachten Beobachtungen folgende Gesichtspunkte aufzustellen:

Bevor eine Ozonanlage genehmigt wird, ist sie von einem Hygieniker (Bakteriologen) und einem mit dem elektrischen Betriebe vertrauten technischen Beamten in folgender Weise zu prüfen:

Es ist zunächst durch genaue Ermittelungen festzustellen, wie die Beschaffenheit des zu verwendenden Wassers im ungünstigsten Falle ist. Vor allem ist der grösste im allgemeinen vorkommende Gehalt desselben an organischer Substanz nach Möglichkeit zu ermitteln. Hiernach sind die Betriebsvorschriften festzusetzen, wobei die Ozonmenge so gewählt wird, dass sie das zur Sterilisation des Wassers im ungünstigsten Falle, d. h. bei grösstem Gehalt an organischer Substanz erforderliche Mass von Ozon noch übersteigt, so dass nur in Ausnahmefällen eine Steigerung der Ozonmenge des Normalbetriebes notwendig wird. Das letztere kann, wie vorher schon erläutert, durch angemessene Regulierung der Erregung der Wechselstrommaschine erreicht werden.

Die Anlage ist ferner hinsichtlich ihres Sterilisationseffektes der direkten Prüfung nach der von Proskauer und Schüder in Schierstein angewandten Methode zu unterziehen. In letzterer Beziehung

würde jedoch die Verwendung von coliartigen Bakterien ausreichend sein, da diese eine grössere Widerstandsfähigkeit als Typhuskeime und Vibrionen (Cholera) besitzen, und bei Abtötung der Colikeime auch mit Sicherheit angenommen werden kann, dass Typhus- und Cholera-Bakterien durch die Ozonisation zu Grunde gehen.

Bei Prüfung einer Neuanlage ist endlich auch die Einstellung der Sicherheitsvorrichtungen für die Ozonkonzentration und die Luftmenge zu prüfen.

Die Kontrolle bestehender Ozonanlagen würde sich darauf zu erstrecken haben, dass durch einen Elektrotechniker von Zeit zu Zeit kontrolliert wird, ob die von den Verwaltungsbehörden genehmigten Betriebsvorschriften innegehalten werden. Als Indikator für das tadellose Funktionieren der Anlage wird sich später, wenn noch mehr Erfahrungen gesammelt sind, die Anstellung der Ozonreaktion in dem Reinwasser mittelst Jodkalium wohl allein als ausreichend erweisen. Sie besitzt neben ihrer Schärfe und Zuverlässigkeit auch noch den wesentlichen Vorzug, dass sie jede Minute ausgeführt werden kann, während die bakteriologische Untersuchung überhaupt erst nach zwei Tagen Anhaltspunkte für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Anlage ergibt. Vorläufig dürfte es sich jedoch empfehlen, von der daneben auszuführenden regelmässigen Feststellung der Keimzahl des ozonisierten Wassers noch nicht abzusehen.

Werden bei einer Ozonanlage alle die im Vorstehenden erwähnten Kautelen angewandt, wird vor allem die Anlage einem sachverständigen Leiter unterstellt und genügend kontrolliert, so glaube ich behaupten zu dürfen, dass die Ozonbehandlung des Wassers, was den bakteriologischen Leistungseffekt und die Betriebssicherheit anbetrifft, alle bisherigen zur Trinkwasserreinigung im Grossbetriebe angewandten Verfahren übertrifft und hierin allen Ansprüchen genügt. Diesem Vorzuge des Ozonverfahrens können m. E. gegenüber die höheren Kosten der Erbauung und des Betriebes einer solchen Anlage — in Paderborn berechnen sich die Kosten für die Ozonisierung nach der Angabe des Bürgermeisters auf 2,0 Pf., nach Angabe der Firma Siemens & Halske auf 2,3 Pf. pro cbm — bei einem Wasser, das der Infektion durch pathogene Keime d. h. Typhus oder Cholera, ausgesetzt ist, nicht ernstlich ins Gewicht fallen.

5.

Apparate zur Entnahme von Wasserproben.

Von

Prof. Dr. **Spitta** und Reg.-Baumeister **Imhoff**,

Wissenschaftlichen Mitgliedern der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

(Mit 5 Figuren im Text.)

Abgesehen von den (im engeren Sinn) biologischen Untersuchungen werden bei der Prüfung eines Wassers, im besonderen des Oberflächenwassers, auf seinen Reinheitsgrad gewöhnlich bakteriologische und chemische Untersuchung neben einander ausgeführt.

Da zur Erhaltung eines verwertbaren Resultates eine richtige Probeentnahme unerlässlich ist, so sind, besonders zahlreich für die Entnahme der bakteriologischen Wasserprobe, mannigfache Apparate konstruiert worden.[1])

Seitdem man dem jeweiligen Gasgehalt des Wassers seine Aufmerksamkeit zugewendet hat, erscheinen die gewöhnlich für die Entnahme der Probe für die chemische Untersuchung gebräuchlichen Apparate (Heyroths Apparat u. a. m.) nicht mehr genügend, denn es erscheint a priori unrichtig — wenigstens, wenn auf exakte Resultate Wert gelegt wird —, z. B. eine Sauerstoffbestimmung an einem Wasser auszuführen, welches bei der Probeentnahme selbst mit der atmosphärischen Luft in mehr oder minder innige Berührung gekommen ist. Dies muss aber geschehen, wenn z. B. eine Flasche durch einfaches Untertauchen bezw. Lüften des Stopfens in einer gewissen Tiefe gefüllt wird. Der entstehende Fehler wird um so grösser sein, je enger der Flaschenhals ist, d. h. je kräftiger das Wasser beim Ein-

---

1) Vergl. die neuere Zusammenstellung bei Schuhmacher. Gesundh.-Ing. 1904. S. 418.

fliessen in die Flasche mit der in ihr befindlichen Luft durchsprudelt wird.

Aus diesem Grunde haben wir früher derartige Proben so entnommen, dass wir das Wasser eine Zeit lang durch die zur Aufnahme bestimmte Flasche (z. B. eine geeichte, ca. 300 ccm fassende Flasche für die Winklersche Sauerstoffbestimmung) hindurchpumpten. Die Flaschen bekamen zu diesem Zwecke einen Einsatz, ähnlich, wie ihn die Spritzflaschen aufweisen. Das kurze Rohr, das mit dem unteren Rande des Gummistopfens abschneiden muss, wird mit einem längeren Schlauch verbunden, die Flasche selbst an einem beschwerten Drahtkorb bis auf die gewünschte Tiefe herabgelassen. Der nach oben über die Wasserfläche heraufgeführte Schlauch mündet luftdicht in eine leere grössere Flasche (1—1½ Liter fassend). Aus dieser saugt man vorsichtig die Luft ab, so dass das Wasser im langsamen Strome nachfliesst, bis die Flasche gefüllt ist.

Auf diese Weise wird die versenkte Flasche mit dem zu untersuchenden Wasser 4—5 mal durchspült, und in der Entnahmeflasche findet sich schliesslich Wasser, welches mit atmosphärischer Luft nicht in Berührung gekommen ist.[1])

Diese Art der Entnahme hat hauptsächlich den Nachteil, dass sie zu umständlich ist, und dass bei zu starkem Pumpen eine Entgasung des Wassers eintreten kann.

Als vor einiger Zeit nun an die Anstalt die Aufgabe herantrat, systematische Flussuntersuchungen auf längere Zeit hin vorzunehmen, und bei diesen Untersuchungen die Forderung aufgestellt war, an jeder für die Untersuchung bestimmten Stelle nicht nur eine Probe für die chemische und bakteriologische Untersuchung im gewöhnlichen Sinne zu entnehmen, sondern auch gleichzeitig mehrere Proben zur Bestimmung des Sauerstoffgehalts, versuchten wir einen Apparat zu konstruieren, welcher diese Aufgaben gleichzeitig erfüllte.

Dabei legten wir Wert auf folgende drei Punkte:

1. Möglichst gleichzeitige Entnahme aller drei Proben (für die chemische Untersuchung, die Untersuchung des Gasgehalts und für die bakteriologische Untersuchung), so dass in allen drei Proben möglichst identisches Wasser gefasst wird.

---

1) Es steht selbstverständlich nichts im Wege, die Durchspülung der Flasche auch ausserhalb des Wassers vorzunehmen, indem man der Flasche das Wasser durch einen auf bestimmte Tiefe versenkten Schlauch zuführt.

2. Durchspülung der zur Aufnahme der Proben für die Sauerstoffbestimmung dienenden Flaschen ohne Anwendung besonderer Pumpvorrichtungen.

3. Schnelle und bequeme Ausführung, im speziellen möglichste Vermeidung komplizierter Gestänge, doppelter Schnüre etc.

Im nachfolgenden seien die von uns konstruierten zwei Formen des Apparates an der Hand der beigefügten Zeichnungen beschrieben:

Apparat A (Fig. 1) wurde für die oben erwähnten systematischen Flussuntersuchungen angefertigt, bei denen eine Entnahme der Proben stets 1 m unter Wasseroberfläche erfolgen sollte.

Apparat B (Fig. 2) ist ein auf dem gleichen Grundprinzip beruhender, aber sonst abgeänderter Apparat, welcher es ermöglicht, Proben aus beliebigen Tiefen zu schöpfen.

Das gemeinsame einfache Prinzip bei beiden Apparaten lässt sich am leichtesten folgendermassen schildern:

Taucht man ein 1 m langes Trichterrohr, dessen Trichter einen Fassungsraum von ca. $1^1/_4$ l haben soll, soweit in Wasser, dass der Rand des Trichters gerade noch sich über dem Wasserspiegel befindet, so wird sich der Trichter, je nach der Weite des Rohres, langsamer oder schneller mit Wasser füllen, welches aus 1 m Tiefe stammt. Befestigt man jetzt am unteren Ende des Rohres ein offenes Fläschchen von ca. 250 ccm Inhalt derart, dass das Trichterrohr bis nahezu auf den Boden der Flasche reicht, zwischen ihm und den Wandungen des Flaschenhalses aber noch genügend Raum bleibt, damit das Wasser eindringen kann, so muss sämtliches schliesslich im Trichter sich ansammelnde Wasser das 250 ccm fassende Fläschchen durchspült haben.

Bei den angegebenen Massen würde sich der Inhalt des Fläschchens ca. 5 mal erneuern.

Statt des Trichters wählten wir fast völlig geschlossene Gefässe, und zwar beim Apparat A ein zylindrisches Metallgefäss, beim Apparat B eine Glaskugel.

Beim Apparat A fungiert dieses Gefäss zugleich als Schwimmer, und löst als solches die Vorrichtung zur Entnahme der bakteriologischen Probe aus; auch kann der Schwimmer bewirken, dass die Einströmungsöffnungen für das Wasser erst nach dem Versenken auf 1 m Tiefe frei werden.

Diese Arbeit wird bei dem Apparat B nicht automatisch ausgeführt, sondern durch ein bezw. zwei von dem Untersucher in Bewegung gesetzte Fallgewichte geleistet.

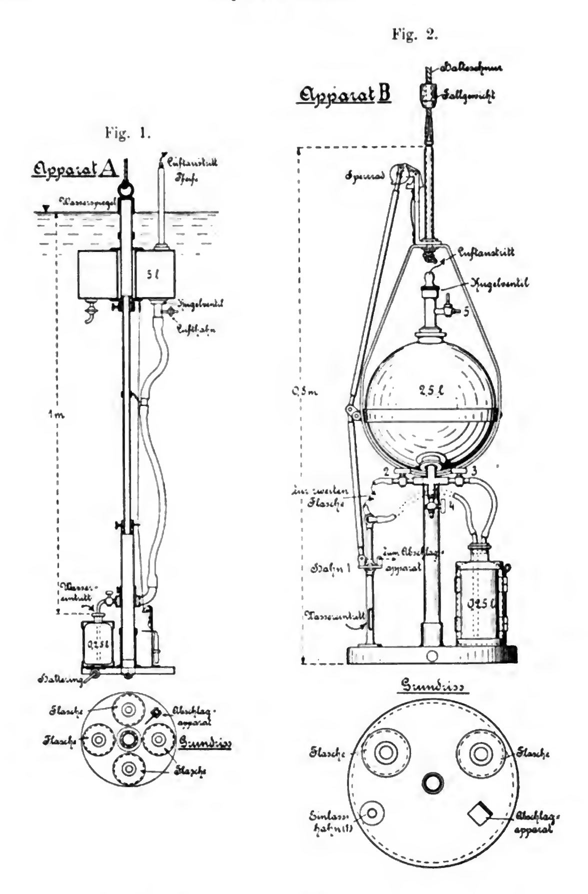


Fig. 1.

Fig. 2.

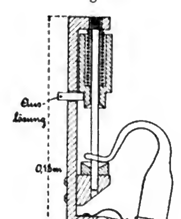
Das in dem Reservoir sich ansammelnde Wasser dient für die chemische Untersuchung.

Zu diesem Zweck werden die Apparate an der zu untersuchenden

Stelle durch Untertauchen und nachfolgendes Entleeren mit dem betreffenden Wasser erst gespült. Verzichtet man auf die Probe zur eigentlichen chemischen Untersuchung, so kann diese Spülung unterbleiben.

In den beigefügten Zeichnungen ist, um das Bild nicht unübersichtlich zu machen, jedesmal nur eine Winklersche Flasche gezeichnet, bei B ist ferner auch der Abschlagapparat fortgelassen und

Fig. 3.



vorstehend besonders gezeichnet. Die Anzahl der Winklerschen Flaschen beträgt beim Apparat A vier, beim Apparat B zwei.[1]) Ihr Inhalt beläuft sich durchschnittlich auf je 250 ccm.

Der Apparat A ist in der Zeichnung in ausgezogenem Zustand dargestellt, so dass die Entfernung von der Einströmungsöffnung der Flasche bis zum Wasserspiegel nach dem Eintauchen ca. 1 m beträgt. Zum Transport lässt sich der Apparat ganz wesentlich verkleinern, indem das Gestänge zusammengeschoben werden kann.

Die vier Winklerschen Flaschen sitzen symmetrisch um die Axe des Gestänges geordnet unten auf einem Teller, jede in einem durch einen einfachen Handgriff zu öffnenden Drahtkorb. In jede Flasche taucht bei der Probeentnahme ein dünnwandiges Metallrohr bis fast auf den Boden der Flasche. Jedes Rohr ist oben mit einem Hahn abschliessbar. Alle vier Röhren sind rechtwinklig nach dem Gestänge hin abgebogen, und ihr kurzer, abgebogener Schenkel mündet in einen gemeinsamen Hohlring, welcher auf dem unteren Teil der Tragstange in

---

1) Die zweite bezw. dritte und vierte Flasche soll zur Bestimmung der Sauerstoffzehrung dienen.

senkrechter Richtung verschieblich ist und an der gewünschten Stelle durch eine kleine Schraube fixiert werden kann. Der Ring trägt ausserdem einen nach aufwärts gebogenen Schlauchansatz. Von demselben geht ein weiter Gummischlauch (zur Verhütung des Wegtreibens im Strom in der Mitte des Gestänges noch einmal mittels eines Zwischenstückes befestigt) nach oben zu einem zweiten Schlauchansatz, welcher sich am Boden des zylindrischen Reservoirs befindet.

An diesem Ansatz befindet sich seitlich noch ein gewöhnlicher Lüftungshahn und über demselben ein Kugelventil.

Das Reservoir, welches den 5 fachen Inhalt der vier Winklerschen Flaschen (zusammen genommen) hat, sitzt leicht verschieblich auf dem oberen Teil der Haltestange als Axe. Es trägt ausser dem geschilderten Schlauchansatzstück noch einen Entleerungshahn für das angesammelte Wasser und auf der oberen Fläche eine ca. 25 cm hohe Standröhre, deren Oeffnung beim Eintauchen des Apparates über Wasser bleibt und nicht unzweckmässig mit einer leicht ansprechenden kleinen Signalpfeife versehen werden kann.

Behufs Revision und Reinigung des Reservoirinneren befindet sich auf der oberen Fläche ein ca. 10 cm im Durchmesser haltender Schraubdeckel. Am Boden des Reservoirs befindet sich schliesslich noch eine kleine Oese, an welcher der Draht befestigt wird, welcher den Abschlagapparat und eventuell den Hebel für die automatische Oeffnung der Flaschen[1]) betätigt.

Der Abschlagapparat ist bei A guillotinenartig gebaut, da die bei demselben zur Verwendung kommenden Abschlaggläschen nur eine rechtwinklige Biegung zeigten. Das Abschlagmesser wird durch eine Feder gespannt gehalten. Eine Arretierung hält das Messer bis zur Auslösung fest.

Der ganze Apparat wird mit Flaschen- und Abschlaggläschen montiert, die unteren vier Hähne geöffnet, die Eintauchröhren in die Flaschen eingeführt. Die Hähne am Reservoir werden geschlossen und der Apparat an einer starken Schnur bis zum oberen Rand des Reservoirs schnell ins Wasser gesenkt. Sowie das Reservoir ins Wasser taucht, wirkt es als Schwimmer und löst Abschlagapparat und Oeffnungshebel aus. Das Wasser strömt in die Flaschenöffnungen ein, wodurch die Signalpfeife zum Ertönen gebracht wird. Die vollendete Füllung des Reservoirs markiert sich durch Aufhören des pfeifenden Tones.

Beim Herausziehen verhindert das Kugelventil das Zurückströmen des Wassers. Man schliesst nun die vier unteren Hähne und schiebt die Eintauchröhren mit dem

---

1) Letzere Vorrichtung ist in die Zeichnung nicht aufgenommen, um dieselbe nicht unübersichtlich zu machen. Ausserdem kommt man praktisch ohne sie meist aus. Die Vorrichtung besteht darin, dass auf jeder der vier Eintauchröhren eine Verschlussplatte aus Gummi für die Flaschenöffnung steckt. Vor dem Eintauchen des Apparates wird der Hohlring mit den vier Röhren soweit heruntergedrückt, dass die Gummiplatten die Flaschenöffnungen verschliessen. Bei diesem Herabdrücken wird eine unter dem Hohlring sitzende starke Spiralfeder komprimiert. In dieser herabgedrückten Stellung wird der Hohlring durch eine Arretierung fixiert, welche, sowie das Reservoir zu schwimmen beginnt, gelöst wird. Die Spiralfeder drückt dann den Ring in die Höhe, und die Gummiplatten heben sich von den Flaschenöffnungen.

Hohlring so hoch hinauf, dass die Flaschen aus den Körben entfernt werden können. Falls noch einige Tropfen zur vollständigen Füllung fehlen, werden dieselben nach Oeffnung des oberen Lüftungshahnes aus den einzelnen Krähnen zufliessen gelassen.

Die zur chemischen Untersuchung bestimmte Probe lässt man aus dem oberen Entleerungshahn ausfliessen.

Dieser Apparat wird seit etwa $1/2$ Jahr bei den genannten systematischen Flussuntersuchungen dauernd benutzt und hat sich bisher stets bewährt.

Bei starker Strömung wird er durch eine unter den Fussteller geschraubte Bleiplatte beschwert und durch eine zweite am unteren Haltering befestigte seitwärts geführte Schnur im Strome aufrecht gehalten.

Bei ungewöhnlich heftiger Strömung dauert die Füllung etwas lange.[1] Es empfiehlt sich in diesen Ausnahmefällen die Luft aus dem Reservoirkessel mittels eines Schlauches und einer kleinen Pumpe abzupumpen (s. u.).

Bei dem zweiten Apparat (B) ist der Wassereintritt fast am Boden des Apparates. Oberhalb der Eintrittsstelle befindet sich ein Abschlusshahn (1), welcher durch ein exzentrisch angreifendes Gestänge um jedesmal 90° gedreht werden kann. Das Wasser teilt sich, wenn es den Hahn passiert hat, in zwei gleich weite Wege, und durchströmt die beiden in Körben befestigten Flaschen.

Diese Flaschen zur Entnahme der Proben für die Gasbestimmung haben Einsätze, wie sie bei Spritzflaschen üblich sind. Dieselben werden durch eine einfache Gummidichtung luftdicht auf der Flaschenöffnung befestigt.

Das Wasser strömt sodann weiter durch die geöffneten Hähne 2 und 3 in das aus einer starken Glaskugel bestehende Reservoir. Die daselbst eingeschlossene Luft entweicht durch ein Ansatzstück am höchsten Punkte der Kugel. Dasselbe ist ähnlich wie beim Apparat A mit einem seitlichen Lufthahn und einem Kugelventil versehen.

Die Oeffnung und Schliessung des Hahnes erfolgt in beliebiger Tiefe unter der Wasseroberfläche durch je ein Fallgewicht, welches man an der einzigen, zugleich zum Halten des Apparates dienenden starken Schnur heruntergleiten lässt. Es löst dabei, wie aus der Betrachtung der Abbildung ohne weiteres ersichtlich ist, ein durch eine Uhrfeder gespannt gehaltenes Sperrrad aus, welches sich dabei um 180° dreht und die Bewegung mittels leichten Gestänges auf den unteren Oeffnungshahn überträgt. Ein zweites Abschlaggewicht schliesst den Hahn auf gleiche Weise wieder.

---

1) Da der Strom zunächst eine gewisse saugende Wirkung auf die in den Flaschen anfangs befindliche Luft ausübt.

Fig. 4.

An dem Hahn befindet sich an einer Oese befestigt eine Feder resp. ein Draht, welcher zur Arretierung des Abschlagapparates (s. besondere Zeichnung) führt. Beim Oeffnen des Hahnes wird daher zugleich dieser letztere Apparat betätigt.

Zur Entnahme der für die chemische Probe bestimmten Wassermenge dient — nach Oeffnung des Lüftungshahnes (5) — der Auslasshahn (4).

Bei der Probeentnahme montiert man den Abschlagapparat mit einem der gewöhnlichen üblichen Abschlagröhrchen,[1]) die Körbe mit je einer Winklerschen Flasche, spannt die Uhrfeder am Sperrad, wodurch man zugleich den Hahn 1 in schliessende Stellung bringt, öffnet Hahn 2 und 3, schliesst Hahn 4 und 5, und versenkt den Apparat auf beliebige Tiefe. Dann lässt man das erste Fallgewicht den Hahn 1 öffnen und damit auch das Abschlaggläschen (indirekt) abschlagen. Bei ruhigem Wasser sieht man dann nach einigen Sekunden die Luftblasen aus der Luftaustrittsöffnung aufsteigen. Hört die Entwicklung der Luftblasen auf oder ist die Zeit abgelaufen, die der Apparat nach der Erfahrung zum Volllaufen braucht, so schliesst man durch das zweite Fallgewicht den Hahn 1 wieder. Jedoch ist diese Manipulation nicht immer nötig, da ein Rückströmen von Wasser bei völlig gefüllter Glaskugel durch die Wirkung des Kugelventils verhindert wird.

Nötig ist das zweite Fallgewicht, also das Schliessen des Hahnes, stets, wenn man nicht sicher ist, dass die Kugel vor dem Aufziehen ganz gefüllt ist, denn sonst würde während des Aufziehens noch Wasser aus den oberen Schichten aufgenommen.

Nach dem Heraufziehen schliesst man Hahn 2 und 3 und entfernt die gefüllten Winklerschen Flaschen sowie das Abschlaggläschen. Sodann entnimmt man aus dem Glasballon die zur chemischen Untersuchung dienende Probe.

Diesen Apparat haben wir bisher mehrmals an tieferen Wasserbecken (Seen bis 12 m Tiefe) mit Erfolg benutzt, Im Strom wird der Apparat ähnlich wie Apparat A durch eine zweite Leine gehalten.

Die beiden soeben geschilderten Apparate eignen sich mehr zur Anwendung bei systematischen Untersuchungen von Fluss- und Seewasser, wo viele Proben nach einander entnommen werden müssen. Um auch für den gewöhnlichen Gebrauch[2]) einen Apparat für einwandsfreie Entnahme von Proben zur Bestimmung des Gasgehalts an der Hand zu haben, wurde von uns noch ein weniger komplizierter, leicht transportabler Apparat entworfen, welcher im wesentlichen eine Vereinfachung des Apparates A darstellt. (Apparat C.) Derselbe ist aus der beigefügten Zeichnung (Fig. 4) ohne weiteres verständlich.

1) Das Abschlagen erfolgt mittels durch Feder gespannten Fallhammers auf einem kleinen Ambos.

2) Z. B. auch bei der Kontrolle von Wasserwerken.

Die Basis des Apparates bildet ein ovaler Teller zur Aufnahme zweier Winklerscher Flaschen, in welche wieder die rechtwinklig gebogenen, mit Hähnen abschliessbaren Röhren eintauchen. Um letztere in die Flaschen einführen zu können, ist der Teller mit den Flaschen in einer Hülse nach unten herausziehbar.

Die Eintauchröhren münden in eine zugleich als Haltestange dienende, ca. 1 m lange Röhre, welche des bequemeren Transports wegen aus zwei durch Verschraubung zusammenfügbaren Hälften besteht. Als Reservoir dient eine der zur Entnahme von Wasserproben für die chemische Untersuchung gebräuchlichen viereckigen Flaschen, welche in einfachster Weise, wie die Zeichnung ergibt, mittels eines Riemens in entsprechender Höhe befestigt werden kann. Die zugleich als Haltestange dienende Metallröhre trägt an ihrem oberen Ende ein Kugelventil mit Schlauchansatz, die Flasche einen doppelt durchbohrten Gummistopfen mit einem bis nahezu auf den Boden reichenden langen Rohr, dessen oberes Ende durch Gummischlauch mit dem Schlauchansatz des Kugelventils verbunden ist, und einem mit dem unteren Ende des Gummistopfens abschneidenden, nach oben bis über den Wasserspiegel verlängerten Rohr, welches dem Luftaustritt dient. Der ganze Apparat lässt sich z. B. an einem sogen. „Algenstock“ bis auf 1 m unter Wasseroberfläche versenken, liefert also Proben zur chemischen Analyse und zur Prüfung des Gasgehalts des Wassers aus dieser Tiefe. Die Proben zur bakteriologischen Untersuchung müssen gesondert genommen werden.

Zum Transport des zusammengelegten Apparates, exklusive Flaschen, dient ein einfaches Segeltuchfutteral.

In allen den Fällen, wo es sich um die Untersuchung sehr flacher Gewässer handelt (Bäche etc.), d. h. um Tiefen von weniger als ca. 50 cm[1]), ist die Anwendung einer Pumpe zur Hebung des Wassers erforderlich.

Wir haben uns zu diesem Zwecke eine kleine handliche, gut wirkende Pumpe ohne Ventile konstruiert, bei welcher ein Zweiwegehahn bei der Pumpbewegung automatisch dadurch gesteuert wird, dass die Pumpe in einer Mantelhülse hin und her gleitet. Die nebenstehende Zeichnung (Fig. 5) lässt die Konstruktion erkennen.

Diese Pumpe arbeitet zuverlässiger als Ventilpumpen, nimmt beim Transport sehr wenig Platz fort, und ist daher überall hin, ohne Unbequemlichkeit zu verursachen, mit zu führen.

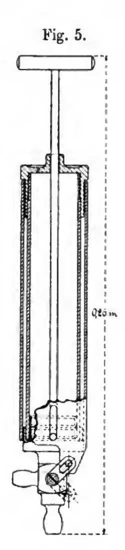
Bei dem Abpumpen des Wassers sind indessen, wie schon oben erwähnt, gewisse Vorsichtsmassregeln zu beobachten, um einer Entgasung des Wassers vorzubeugen.

Die Pumpwirkung besteht ja darin, dass man in der Pumpe einen

1) Apparat A kann zusammengeschoben und beim Apparat C kann die Flasche auch an der unteren Hälfte des Halterohres montiert werden.

Unterdruck erzeugt. Dieser pflanzt sich durch die Schläuche, Röhren und Gefässe fort, bis zur Eintrittsöffnung des Wassers und nimmt entsprechend den Reibungswiderständen allmählich ab. An der Eintrittsöffnung selbst herrscht der äussere Luftdruck, vermehrt um den Druck der darüber liegenden Wassersäule. In den Gefässen, die zwischen die Eintrittsöffnung und die Pumpe eingeschaltet sind, herrscht also während des Pumpens ein gewisser Unterdruck, der um so grösser ist, je näher sich das Gefäss bei der Pumpe befindet.

Fig. 5.



Bei den Apparaten A und C spielt dieser Unterdruck in den Winklerschen Flaschen keine Rolle, weil die Flaschen offen sind und der Unterdruck erst in der eingetauchten engen Röhre beginnt, nachdem also das Wasser die Flaschen schon verlassen hat.

Im Apparat B sind aber die Flaschen geschlossen zwischen die Schlauchleitungen geschaltet. Es muss also beim Pumpen ein Unterdruck in den Flaschen entstehen, der einen Teil der gelösten Gase frei machen kann. Bei Versuchen in der Spree und im Landwehr-

kanal haben wir keinen Einfluss des Pumpens auf den Sauerstoffgehalt des Wassers feststellen können. Das erklärt sich dadurch, dass das Wasser an sich wenig Sauerstoff enthielt. Wohl aber haben wir bei Seewasser, das annähernd mit Sauerstoff gesättigt war, bei starkem Pumpen bis 10 % Fehler gegenüber einer ohne Pumpen entnommenen Probe festgestellt. Wenn man also den Apparat B in flachem Wasser benutzt und deshalb pumpen muss, wird man die Vorsicht gebrauchen müssen, dass man nur langsam pumpt, so dass ungefähr dieselbe Zeit zum Füllen verstreicht, wie wenn er frei vollläuft.

Dass eine exakte Bestimmung des Gasgehalts einer Wasserprobe nur möglich ist, wenn die Probe unter Ausschluss der atmosphärischen Luft genommen wird, war, wie schon gesagt, zu erwarten. Um indessen einen Anhaltspunkt dafür zu bekommen, wie gross die durch mangelhafte Probeentnahme hervorgerufenen Fehler sind, haben wir einige vergleichende Untersuchungen mit unseren Apparaten einerseits und mit einigen anderen einfachen Vorrichtungen vorgenommen.

Die einfachen Vorrichtungen bestehen darin, dass man eine mit Stopfen verschlossene Flasche in die gewünschte Tiefe versenkt und in der betreffenden Tiefe den Stopfen durch Zug öffnet. Man kann enghalsige und weithalsige Flaschen (Pulvergläser) verwenden, und es war vorauszusehen, dass bei letzteren der Fehler kleiner ausfallen muss, da es bei einer weithalsigen Flasche nicht zu so starken Strudelbildungen kommen kann, wie bei einem enghalsigen Gefäss. Auch ein dritter Modus wurde versucht.

Die Flasche wurde mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen, in dessen einer Oeffnung ein bis nahezu auf den Boden reichendes Glasrohr steckt. Durch dieses tritt das Wasser ein. In der anderen Oeffnung des Stopfens steckt ein mit der Unterfläche des Stopfens abschneidendes kürzeres Rohr, das sich in einen über den Wasserspiegel reichenden, oben mit einem Quetschhahn verschlossenen Gummischlauch fortsetzt. Man versenkt die Flasche bis auf die gewünschte Tiefe, z. B. 1 m (wobei allerdings schon etwas Wasser unter gleichzeitiger Kompression der Luft im Flascheninnern eintritt), und öffnet dann den Quetschhahn. Die Flasche füllt sich dann durch das längere Rohr von unten her mit Wasser.

Die folgenden wenigen Zahlen zeigen, dass man gewöhnlich mit allen diesen einfachen Vorrichtungen zu hohe Werte erhält, weil das Wasser aus der eingeschlossenen Luft Sauerstoff aufnimmt. Dieser Fehler ist am grössten bei stärkerem Sauerstoffdefizit des Wassers (vergl. Probe No. 1—3 und 8), er wird unbedeutend, wenn das Wasser

nahezu mit Sauerstoff gesättigt ist (vergl. Probe No. 4—7 und 9—13). Er ist bei weithalsigen Gefässen kleiner als bei enghalsigen, und bei dem Einströmenlassen mittels des geschilderten Einsatzes augenscheinlich öfter sehr beträchtlich.

			Es wurde gefunden Kubikzentimeter Sauerstoff im Liter bei Benutzung							
Probe No.	Entnahmestelle	Sättigungswert des Wassers ccm pro Liter	des Apparates A	des Apparates B	einer enghalsigen Flasche	Fehler %	einer weithalsigen Flasche	Fehler %	einer Flasche mit Einsatz	Fehler %
1	Landwehrkanal	6,75	—	1,99	2,38	+ 19	2,28	+ 15	2,51	+ 26
2	(Berlin)	6,75	—	1,84	2,24	+ 22	2,17	+ 18	2,40	+ 30
3	Spree (Berlin) . .	6,75	—	2,76	3,23	+ 17	2,93	+ 6	2.80	+ 1,5
4	Lahn	7,52	6,40	—	—	—	6,52	+ 1,9	—	—
5		7,52	6,40	—	—	—	6,55	+ 2,3	—	—
6	Rhein	7,12	6,34	—	—	—	6,45	+ 1,7	—	—
7		7,12	6,38	—	—	—	6,48	+ 1,6	—	—
8	(Mainwass.)	7,12	5,73	—	—	—	6,06	+ 5,8	—	—
9	Rhein	7,35	6,16	—	—	—	6,29	+ 2,1	—	—
10		7,35	6,07	—	—	—	6,31	+ 4.0	—	—
11		7,35	6,11	—	—	—	6,28	+ 2,8	—	—
12	Mosel	7,52	6,28	—	—	—	6,42	+ 2,2	—	—
13		7,52	6,30	—	—	—	6,40	+ 1,6	—	—

Aus diesen Zahlen erhellt, dass bei der Entnahme mittels weithalsiger Flaschen der Fehler da, wo das Wasser mit Sauerstoff reich beladen ist (vergl. Rhein, Lahn, Mosel), praktisch wohl ausreichende Resultate gibt, aber nicht dort, wo das Sauerstoffdefizit sehr gross ist (vergl. Landwehrkanal und Spree). Hier betrug der Fehler bis zu 18 %.

Bei wissenschaftlichen Untersuchungen indessen, bei welchen es auf möglichst genaue Zahlen ankommt, wäre u. E. auch in sauerstoffreichem Wasser eine Durchspülung der Entnahmeflaschen erforderlich, wie solche unsere Apparate automatisch leisten.[1])

1) Die Apparate wurden gefertigt von P. Fischer, Berlin O. 112, Frankfurter Allee 185.

6.

Bericht über Versuche an einer Versuchsanlage der Jewell Export Filter Compagnie.

Von

Dr. **Karl Schreiber,**

Wissenschaftlichem Mitgliede der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

(Mit 5 Figuren im Text und 7 Tabellen.)

Einleitung.

Während in Deutschland zur Reinigung des Trinkwassers für zentrale Wasserversorgungen fast ausschliesslich die sogenannte englische, langsame Sandfiltration im Gebrauch ist, hat in Amerika im letzten Jahrzehnt die Schnellfiltration eine grosse Verbreitung gewonnen, seitdem E. B. Weston, der jetzige Chefingenieur der Jewell Filter Co., 1893 durch Versuche in der Stadt Providence, Rhode-Island, und später Fuller in Louisville, in Kentucky, gezeigt hatten, dass die Schnellfiltration, die in Amerika bereits seit langem für industrielle Zwecke, insbesondere in Papierfabriken und Zuckerraffinerien, angewandt wurde, auch mit Vorteil für die Reinigung des Trinkwassers verwendet werden kann. Heute besitzen bereits über 200 amerikanische Städte zentrale Wasserversorgungsanlagen mit Schnellfiltration. Die grösste in Little Falls, New Jersey, verarbeitet 120 000 cbm täglich. Der Grund dafür, dass die Schnellfiltration in Amerika eine solche ausgebreitete Verwendung gefunden und dort die Anwendung der in Europa allgemein üblichen langsamen Sandfiltration überflügelt hat, ist wohl vor allem darin zu suchen, dass Wasser, welches durch Tonschlamm getrübt oder durch Huminsubstanzen gelblich gefärbt ist, wie das Flusswasser, auf das viele amerikanische Städte für zentrale Wasserversorgungen angewiesen sind, sich durch langsame Sandfiltration ohne Zusatz von Chemikalien garnicht oder nur sehr unvollkommen reinigen lässt.

Es haben sich in Amerika eine ganze Reihe von Schnellfiltersystemen ausgebildet. Fast alle beruhen auf demselben Prinzip, das Wasser nach Zusatz von Chemikalien mit einer sehr hohen Filtrationsgeschwindigkeit durch Sand zu filtrieren und die Waschung des Filters unter Verwendung von Rückspülung, die bei einigen Systemen mit Lüftung oder Rührvorrichtungen verbunden ist, vorzunehmen. Zu den am meisten verbreiteten Systemen gehört das Jewell-Filter. Es wird zusammen mit einigen anderen Systemen durch die Jewell Export Filter Compagnie in den Handel gebracht.

Ueber die fast durchweg günstigen Erfahrungen, welche in Amerika mit der Schnellfiltration gemacht worden sind, hat der Ingenieur W. Paul Gerhard 1900 im „Gesundheits-Ingenieur"[1]) ein ausführliches Referat erstattet. In Deutschland hat man wohl für kleinere Anlagen die amerikanischen Methoden mit mehr oder weniger Glück nachgeahmt; Versuche, wie sich diese Verfahren auch für zentrale Wasserversorgungen verwerten lassen, sind jedoch meines Wissens bisher nicht angestellt worden. Von neuem ist nun die Aufmerksamkeit auf die Schnellfiltration gelenkt worden durch die Berichte zweier deutscher Gelehrten, Bitter[2]) und Gotschlich[3]), die Versuche mit einem Jewell-Filter in Alexandrien angestellt haben. Beide Untersucher sprechen sich dahin aus, dass die amerikanische Jewell-Filtration sowohl hinsichtlich ihres Reinigungseffektes als auch ihrer hygienischen Vorteile der langsamen Sandfiltration vorzuziehen sei. Diese günstigen Berichte, welche die Stadt Alexandrien dazu bewogen, eine zentrale Wasserversorgungsanlage von der Jewell Export Filter Compagnie erbauen zu lassen, veranlassten die Kgl. Prüfungs-Anstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung in Berlin dazu, von dem Anerbieten der genannten Gesellschaft, eine Versuchsanlage in der Nähe von Berlin zu errichten und der Anstalt zu Versuchszwecken zur Verfügung zu stellen, Gebrauch zu machen. Durch das dankenswerte Entgegenkommen der Deputation der Städt. Wasserwerke wurde der Jewell Export Filter Compagnie gestattet, die Versuchanlage auf dem Gelände des Berliner Wasserwerks am Müggelsee zu erbauen. Zwar wäre ein stärker verunreinigtes Wasser, als es dieses Wasserwerk verarbeitet, wohl mehr geeignet gewesen, die

1) S. 205 ff.

2) Rapport sur l'efficacité du „Jewell-Filter". Alexandrie 1903.

3) Rapport sur les expériences faites avec le „Jewell-Filter" à Alexandrie etc. Municipalité d'Alexandrie.

Fig. 1.



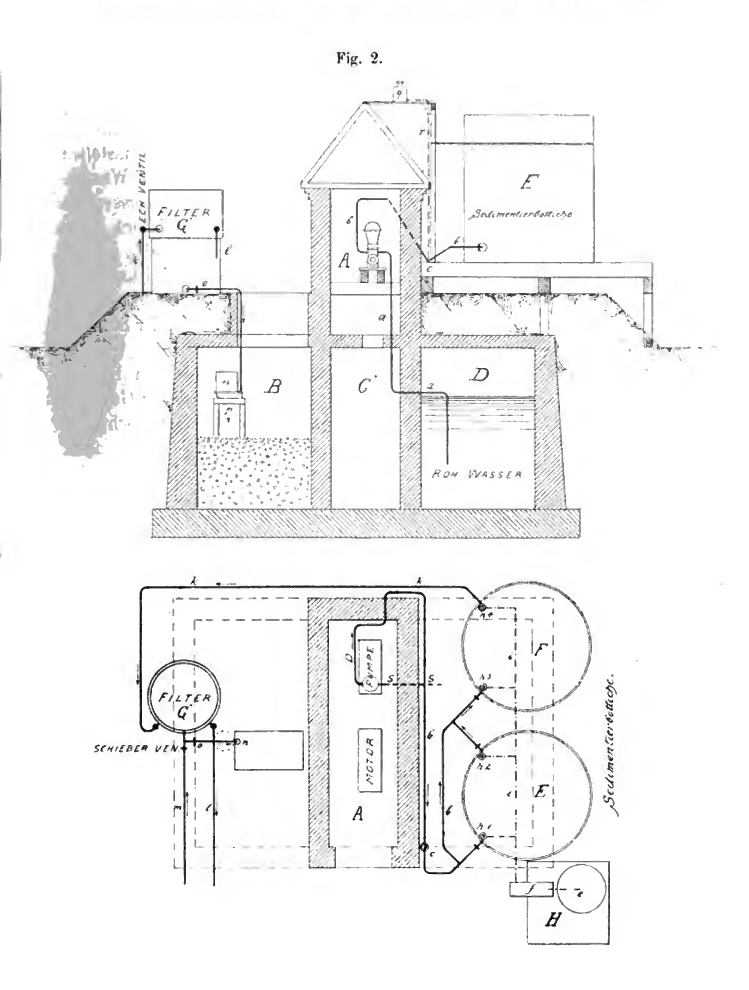
Ansicht der Versuchsanlage des Jewell-Filters in Friedrichshagen bei Berlin.

Leistungsfähigkeit einer Schnellfilteranlage in das richtige Licht zu stellen; eine Gelegenheit hierzu war jedoch nicht geboten, und ausserdem war durch die Aufstellung der Versuchsanlage neben einem mit langsamer Sandfiltration arbeitenden Wasserwerk für die Prüfung des Systems der grosse Vorteil geschaffen, dass die Resultate beider Methoden direkt miteinander verglichen werden konnten.

Versuchsplan.

Die Versuchsanlage wurde im Sommer 1904 in und um ein Gebäude eingebaut, das für frühere Filterversuche errichtet war. Dieses bestand, wie aus der Figur 1 u. 2 ersichtlich ist, aus einem kleinen Häuschen A, das in der Mitte über 3 nebeneinander angeordneten unterirdischen Räumen B, C, D, aufgeführt war. In diesem Häuschen wurde der Motor und die Pumpe untergebracht. Ueber dem Raum D, welcher mit dem Rohwasserkanal des städtischen Werkes in Verbindung stand, waren auf starken Holzträgern die beiden Sedimentierbottiche E und F montiert, während auf der anderen Seite des Maschinengebäudes das Filter G aufgestellt war. Das Rohwasser

Fig. 2.


FILTER
G
E
Sedimentierbottiche
A
B
C
D
ROH WASSER
PUMPE
MOTOR
F
SCHIEBER VEN
H

wurde aus dem unterirdischen Kanal D durch die Pumpe zunächst in die Sedimentationsbottiche gedrückt, die je einen Fassungsraum von maximal ca. 9 cbm besassen. Die Druckrohrleitung D war so angelegt, dass je nach Bedarf ein Bottich oder beide in Benutzung genommen werden konnten. Durch höheres und niederes Einstellen von Schwimmern, durch welche Drosselklappen an den Eintrittsstellen des Wassers in die Bottiche betätigt wurden, liess sich der Wasserstand in denselben innerhalb gewisser Grenzen ändern. Ausserdem konnte vermittels des mit dem Filter verbundenen Regulators n die Filtrationsgeschwindigkeit entweder auf 4 m oder auf $5^1/_4$ m pro Stunde eingestellt werden. Aus der gemeinschaftlichen Wirksamkeit dieser verschiedenen Vorrichtungen ergab sich die Möglichkeit, die Dauer der Sedimentation zwischen etwa einer Stunde und vier Stunden abzustufen.

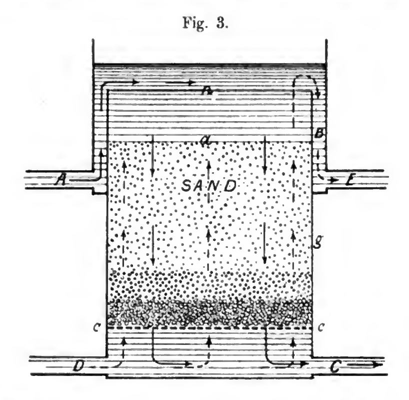
An dem Punkte c konnten dem Rohwasser vor seinem Eintritt in den ersten Sedimentationsbottich von einem hochstehenden Gefäss q aus durch ein senkrechtes Rohr r Zusätze (Bakterienaufschwemmungen etc.) gegeben werden.

Vor dem Bottich E hatte auf einer erhöhten Plattform H der chemische Apparat Aufstellung gefunden. Dieser bestand aus einem kleinen Bottiche e, welcher eine zweiprozentige Lösung von schwefelsaurer Tonerde enthielt, und war mit dem Verteilungskasten f, dessen Niveau durch eine selbsttätige Vorrichtung konstant erhalten wurde, verbunden. Die Lösung der schwefelsauren Tonerde wurde den beiden Sedimentationsbottichen mittels einer Leitung i zugeführt. Durch entsprechende Stellung von vier Hartgummihähnen h_1 h_2 h_3 h_4, von denen senkrechte Bleiröhren an die Eintritts- bezw. Austrittsstellen des Rohwassers führten, konnte man in die Bottiche genau bestimmbare Mengen der erwähnten Lösung eintreten lassen.

Aus dem Sedimentierbottich F gelangte das Wasser mittels der Rohrleitung K in das Filter G. Das filtrierte Wasser floss durch das Rohr o in den unterhalb liegenden Raum B, nachdem es zuvor den Regulator n (Westonkontroler) durchströmt hatte und bei p ausgetreten war. Das Spül- und Waschrohr m war an die Reinwasserleitung der Städtischen Wasserwerke angeschlossen. Das Abwasserrohr l diente dazu, das aus dem Filter austretende Spülwasser in die Entwässerungsleitung des Grundstückes abzuführen.

Die Konstruktion des Filters ist in der Abbildung 3, die der Bitterschen Arbeit entnommen ist, schematisch dargestellt. Das

Fig. 3.



Filter bestand aus einem stählernen Zylinder von etwa $1^1/_4$ m Durchmesser, welcher oben offen und unten geschlossen war. Ueber dem eigentlichen Boden lag ein zweiter mit einer Reihe von Siebköpfen versehener Boden c, welcher das Filterbett g trug. Dieses bestand aus einer unteren Schicht Kies und einer darüber liegenden etwa 1 m starken Sandschicht. In etwa halber Höhe ist dieser Zylinder durch einen zweiten von etwas grösserem Durchmesser umschlossen. Der äussere Zylinder ragt über den inneren hinaus; zwischen beiden liegt ein etwa 5 cm breiter ringförmiger Raum, der nach unten abgeschlossen ist, und in welchen bei A das von den Niederschlagsbassins kommende sedimentierte Rohwasser eintritt. Dasselbe fliesst, wie durch die in vollen Linien eingezeichneten Pfeile angedeutet ist, über den Rand des inneren Zylinders auf das Filterbett, durchströmt dieses und tritt bei C aus, um darauf in den oben erwähnten Regulator (n der Figur 2) zu gelangen.

Beim Spülen nimmt das Wasser den umgekehrten Weg, welcher durch die in gebrochenen Linien eingezeichneten Pfeile angedeutet ist. Es tritt unter Druck bei D ein, durchströmt das Filterbett in der Richtung von unten nach oben, um dann über den Rand des inneren Zylinders in den ringförmigen Raum B zu gelangen und von dort durch das Rohr E (l der Figur 2) in die Abwasserleitung abgeführt zu werden.

Die Rohwasserproben wurden entweder aus dem Kanal im

Raum D vermittels Abschlagapparates oder aus einem an der Leitung b vor ihrem Eintritt in den Bottich E angebrachten Zapfhahn entnommen. Die Reinwasserproben wurden an der mit p in Figur 1 bezeichneten Stelle unterhalb des Filters aufgefangen.

Die Betriebsleitung unterstand während der ganzen Dauer der Versuche dem rührigen und auf dem Gebiete der Schnellfiltration wohl erfahrenen Oberingenieur der Jewell-Filter-Co. Herrn E. A. Gieseler, dem zeitweise ein Assistent zur Seite gestellt war. Zur Bedienung des maschinellen Teiles der Anlage, die sich Tag und Nacht im Betriebe befand, waren zwei Maschinisten angestellt. Die Ausführung der Versuche war seitens der Anstalt mir übertragen worden.

Der Betrieb der Versuchsanlage wurde am 2. September 1904 mit einem durchschnittlichen Zusatz von 20 g schwefelsaurer Tonerde auf 1 cbm Wasser, einer Sedimentationszeit von 3 Stunden und einer Filtrationsgeschwindigkeit von 4 m pro Stunde begonnen. Bezüglich der Menge der zugesetzten schwefelsauren Tonerde und der Dauer der Sedimentationszeit wurden im Laufe der Untersuchung verschiedene Modifikationen durchgeprüft. Diese Aenderungen boten zwar wertvolle Ergebnisse besonders hinsichtlich der Behandlung des Planktons, ergaben aber in bakteriologischer Beziehung nicht völlig befriedigende Resultate. Die Keimzahlen im Reinwasser hielten sich zwar fast immer unter 100, waren aber stets höher, als sie im Reinwasser des Städtischen Wasserwerkes gefunden wurden. Ferner war die Reduktion zum Rohwasser zugesetzter Prodigiosusbacillen nicht so gross, wie sie Bitter bei seinen Versuchen erzielt hatte. Der Grund für diese mindergünstigen Resultate wurde erst gelegentlich eines Versuches mit künstlich gelb gefärbtem Wasser gefunden, bei dem der Alaunzusatz erhöht wurde. Es stellte sich nämlich heraus, dass durch die Erhöhung des Alaunzusatzes die bakteriologischen Resultate entschieden günstiger wurden.

Der Eintritt des Winters verhinderte weitere Experimente.

Eine einigermassen abschliessende Beurteilung konnte auf Grund des vorliegenden Materials nicht gewonnen werden. Infolgedessen entschloss sich die Jewell Export Filter Co., die Versuchsanlage noch für weitere systematische Versuche im nächsten Jahre, bei denen eine kontinuierliche bakteriologische Kontrolle seitens der Anstalt in Aussicht genommen wurde, zur Verfügung zu stellen. Seitens der Städtischen Deputation für die Wasserwerke wurde der Anstalt ein

Raum überlassen, in dem ein kleines für Keimzählungen ausreichendes bakteriologisches Laboratorium eingerichtet werden konnte. Die Ausführung der bakteriologischen Arbeiten an Ort und Stelle wurde Herrn Dr. Hilgermann übertragen, während die ergänzenden bakteriologischen sowie chemischen und biologischen Untersuchungen auch weiterhin im Laboratorium der Anstalt vorgenommen wurden. Die Untersuchungen begannen Anfang April 1905 und wurden bis Anfang Juli ausgedehnt.

Die Anlage unter allen in Betracht kommenden Versuchsbedingungen in diesem Zeitraum zu prüfen, war unmöglich; denn für die Bedingungen, von denen die Leistungsfähigkeit einer Schnellfilteranlage abhängig ist — einen ordnungsmässigen Betrieb vorausgesetzt — kommt nicht nur, wie bei der langsamen Sandfiltration, die Beschaffenheit des Rohwassers in Betracht, sondern auch die Dauer der Sedimentation, ferner die Filtrationsgeschwindigkeit, die Menge der zugesetzten schwefelsauren Tonerde und die Art, in welcher das Fällungsmittel zugesetzt wird, ob es nur beim Eintritt des Rohwassers in die Sedimentationsbottiche oder auch beim Austritt aus denselben, oder an beiden Stellen zugleich zugegeben wird.

Was zunächst die Beschaffenheit des Rohwassers anbelangt, so hatte sich bei den Vorversuchen gezeigt, dass die chemische Zusammensetzung desselben im allgemeinen keinen nennenswerten Schwankungen unterliegt und in den Grenzen der beobachteten Schwankungen keinen Einfluss auf die Leistungsfähigkeit der Anlage ausübte. Die Keimzahl des Rohwassers war verhältnismässig gering und wechselte nur wenig. Um einen Begriff davon zu erhalten, wie ein grösserer Reichtum an Bakterien im Rohwasser auf den Keimgehalt des Reinwassers einwirkt, wurden daher Versuche in Aussicht genommen, bei denen durch künstliche Anreicherung der Keimgehalt des Rohwassers gesteigert wurde.

Ein viel grösserer Einfluss auf den Reinigungseffekt der Anlage als den bisher erwähnten Momenten — das hatte sich bereits im Herbst 1904 gezeigt — ist dem Planktongehalt des Rohwassers beizumessen. Da sich jedoch bei den Vorversuchen nicht nur die Quantität, sondern auch die Qualität des je nach der Jahreszeit wechselnden Planktons, wenn auch nur in geringem Masse hinsichtlich des Filtereffekts bemerkbar gemacht hatte, so war in Anbetracht der kurzen Zeit, welche für die Versuche zur Verfügung stand, von einer systematischen Prüfung des Einflusses des Planktons von vornherein

Abstand genommen worden. Es haben sich jedoch einige wichtige Gesichtspunkte ergeben, die für die Behandlung des Planktons bei der Schnellfiltration beobachtet werden müssen.

Während so auf der einen Seite die Beschaffenheit des Rohwassers nur geringe Verschiedenheiten während der Zeit der Versuche aufwies und somit bis auf den wechselnden Gehalt an Plankton als ein einigermassen konstanter Faktor angesehen werden konnte, musste es andererseits darauf ankommen, die durch den Betrieb der Anlage gegebenen Faktoren zu modifizieren und so die günstigsten Betriebsbedingungen für die maximale Reinigung des Wassers zu ermitteln.

In dieser Beziehung kommt zunächst die Dauer der Sedimentation in Frage. Bei den Vorversuchen hatte sich herausgestellt, dass man ohne Schaden für die Leistungsfähigkeit der Anlage die Sedimentationszeit beschränken konnte. Im Gegensatz zu der dreistündigen Sedimentationsdauer, welche im Jahre 1904 innegehalten wurde, war daher bei Beginn der neueren Versuche die Dauer der Sedimentation zunächst auf 1 Stunde und 6 Min. herabgesetzt und, als die Resultate dann nicht völlig befriedigten, wieder auf 1 Stunde und 28 Min. ausgedehnt worden. Gleichzeitig wurde die Filtrationsgeschwindigkeit, die bei Beginn der Versuche 5,25 m p. Stunde betrug, späterhin auf 4 m vermindert. Eine Prüfung des Einflusses der Filtrationsgeschwindigkeit hatte im übrigen kein grosses Interesse, weil hierüber bereits genügend Erfahrungen vorliegen. Es ist erwiesen, dass man bei Verwendung der Schnellfilter mit Zusatz von Fällungsmitteln ohne Nachteil für den Filtereffekt Geschwindigkeiten bis über 5 m p. Stunde anwenden kann. Im allgemeinen benutzt man eine Filtrationsgeschwindigkeit von 4—5 m p. Stunde für die Reinigung von Trinkwässern, d. h. 40—50 Mal so viel, als man durchschnittlich einem langsamen Sandfilter zumuten darf.

Wohl den grössten Einfluss auf den Reinigungseffekt übt, wie schon die Ergebnisse der am Schluss des Jahres 1904 angestellten Versuche gezeigt hatten, die Menge des Zusatzes von schwefelsaurer Tonerde aus. Da die Vorversuche gelehrt hatten, dass das Müggelseewasser einen grösseren Zusatz erfordert, als man es in Anbetracht der verhältnismässig hohen Reinheit annehmen sollte, wurde im Jahre 1905 sofort mit einem Zusatz von 23 g pro Kubikmeter begonnen und dann der Zusatz in 5 Versuchsperioden bis auf 43 g pro Kubikmeter gesteigert.

Die Modifikationen, welche sich dadurch ergaben, dass die

schwefelsaure Tonerde entweder in ihrer ganzen Menge beim Eintritt in die Sedimentationsbottiche, wie es im allgemeinen üblich ist, oder auch teilweise an einer späteren Stelle zugesetzt wurde, sind bei den Versuchen, soweit angängig, berücksichtigt. Es hatte sich 1904 bereits gezeigt, dass die Stelle, wo das Fällungsmittel zugesetzt wird, hauptsächlich für die Anpassung an die Schwankungen des Wassers hinsichtlich seines Planktongehaltes eine bedeutsame Rolle spielt.

Aus der grossen Menge der Modifikationen des Betriebes, welche sich durch die Kombination der Abänderungen der verschiedenen, den Filtereffekt beeinflussenden Faktoren ergibt, geht schon hervor, dass eine systematische Prüfung aller Betriebsmöglichkeiten in der für die Versuche festgesetzten Zeit nicht ausgeführt werden konnte. In der Praxis stellt sich die Ermittelung der für einen maximalen Reinigungseffekt zweckmässigen Betriebsbedingungen allerdings auch viel einfacher, als es von vornherein scheint, und so glaube ich, dass es in der verhältnismässig kurzen Zeit bereits gelungen ist, die günstigste Kombination zu ermitteln, wobei allerdings nicht ausgeschlossen ist, dass derselbe Endeffekt auch durch andere Kombinationen erreicht werden könnte.

Einwirkung der Schnellfiltration auf die Bakterien.

Bei der Prüfung der Leistungsfähigkeit der Anlage war naturgemäss von vornherein auf die bakteriologische Prüfung das Hauptgewicht zu legen, denn bei den meisten Zentral-Wasserversorgungsanlagen wird eine Filtration des Wassers zu dem Zweck vorgenommen, event. vorhandene pathogene Keime zu entfernen. Als Hauptkriterium für die Leistungsfähigkeit einer Anlage in dieser Hinsicht wird seit vielen Jahren die Keimzählung angewandt. Die vom Kais. Gesundheitsamt für die Kontrolle von Sandfilterwerken vorgeschriebenen Methoden zur Ausführung der bakteriologischen Arbeiten[1]) haben sich allgemein eingebürgert, und, wie ich hinzufügen darf, durchaus bewährt. Es lag kein Grund vor, von diesen Untersuchungsmethoden abzugehen, umsoweniger, als bei Wahl anderer Methoden, die vielleicht präzisere und richtigere Resultate liefern könnten, die langjährigen Erfahrungen, welche bei Durchführung der genannten Versuchsbedingungen im Betriebe von Sandfilteranlagen

1) Veröffentl. d. Kaiserl. Gesundheitsamtes. 1898. S. 107.

gewonnen waren, nicht hätten entsprechend verwertet werden können. Besonderes Gewicht wurde jedoch darauf gelegt, dass die angegebene Untersuchungsmethode auch wirklich genau innegehalten wurde. Häufig wird nämlich bei Keimzählungen zur Beurteilung der Reinheit eines Wassers zu wenig auf die Temperatur geachtet, bei der die ausgesäten Gelatineplatten kultiviert werden, weil es besonders im Sommer Schwierigkeiten macht, den Brutschrank auf der vom Kais. Gesundheitsamt vorgeschriebenen Temperatur von 20—22° C. konstant zu erhalten. Jedem Bakteriologen ist es jedoch bekannt, dass man nur bei Innehaltung einer konstanten Temperatur auf einigermassen gleichmässige Ergebnisse bei Keimzählungen zu rechnen hat. Wir haben daher durch Benutzung eines geeigneten Brutschrankes und durch dauernde Kontrolle dafür Sorge getragen, dass sich die Kulturplatten stets bei 20—22° C. befanden.

Von dem Rohwasser wurden 0,2 und 0,1 ccm ausgesät, für die weitere Verwertung der Resultate jedoch wurde nur die bei 0,2 ccm gefundene Keimzahl in Betracht gezogen.

Da das Rohwasser im allgemeinen nicht mehr als 500 Keime besass, kamen demnach in jeder Platte nicht mehr als 100 Keime zur Entwickelung. Die Aussaat von 0,1 ccm wurde nur mit Rücksicht darauf ausgeführt, dass die Keimzahlen manchmal über 500 stiegen, und nur in diesem Falle wurde das Mittel aus den beiden gefundenen Werten berücksichtigt.

Von ähnlichen Erwägungen ausgehend, wurden vom Reinwasser 1 ccm und 0,5 ccm ausgesät und, solange die Keimzahl unter 100 blieb, nur die mit 1 ccm erhaltenen Resultate verwertet.

Das Rohwasser, welches in dem städtischen Wasserwerk am Müggelsee zur Verwendung gelangt, wird dem von der Spree durchflossenen Müggelsee entnommen und zwar durch eine Zuleitung, die in den See hinein bis in den Stromstrich hinausgebaut ist. Ohne Zweifel hat man es bei diesem Rohwasser nicht mit Flusswasser allein, sondern mit einer Mischung von Fluss- und Seewasser zu tun, ein Umstand, der besonders für das Verhalten des Planktons, wie weiter unten gezeigt werden soll, von grosser Wichtigkeit ist. Im allgemeinen ist das Wasser sowohl des Müggelsees als auch der Spree an der Entnahmestelle nicht sehr stark verunreinigt. Der Keimgehalt wechselte bei den Vorversuchen im Jahre 1904 zwischen 165 und 1028 und betrug im Durchschnitt 454. Im Jahre 1905 schwankte die Keimzahl zwischen 110 und 850.

Der Durchschnitt der in diesem Jahre während der einzelnen Versuchsperioden gefundenen Keimzahlen ist aus der Tabelle II zu ersehen. Er war im Anfang niedriger als im vorigen Jahre, eine Erscheinung, die sich vor allem daraus erklärt, dass die Vorversuche im Herbst, die diesjährigen Untersuchungen im Frühjahr angestellt sind. Wie sich aus der Tabelle II weiterhin ergibt, ist die Anzahl der Keime im Rohwasser während der Versuche allmählich gestiegen. Auf die Gründe, durch welche der wechselnde Keimgehalt des Rohwassers bedingt ist, näher einzugehen, würde zu weit führen. Von Interesse für die vorliegende Betrachtung ist es jedoch, darauf hinzuweisen, dass einen nicht unwesentlichen Einfluss auf den Keimgehalt vermutlich das Plankton des Müggelseewassers ausübt und zwar insonderheit dadurch, dass das abgestorbene Plankton als Nahrung für die Bakterien dient. Einen weiteren wichtigen Einfluss auf den Keimgehalt an der Entnahmestelle hat der Grad der Verunreinigung der Spree oberhalb des Müggelsees, die Windrichtung, welche auf dem See herrscht, die Stärke des Windes etc., die Jahreszeit, die Strömungen u. a.

Der erste Prozess, welchen das Wasser in einer Schnellfilteranlage durchmacht, ist die Sedimentation. Dass eine Sedimentation schon ohne Zusatz irgendwelcher Chemikalien einen günstigen Einfluss auf ein Wasser ausübt, besonders was die suspendierten Bestandteile, somit auch die Bakterien betrifft, braucht nicht hervorgehoben zu werden. Das Charakteristische der amerikanischen Schnellfiltration besteht darin, dass dieser Prozess durch Chemikalien, welche beim Zusatz zum Wasser unlösliche Verbindungen erzeugen, erheblich beschleunigt wird. Im allgemeinen wird, wie erwähnt, schwefelsaure Tonerde hierzu benutzt. Wie weiter unten genauer erörtert werden soll, entsteht beim Zusatz dieses Fällungsmittels ein flockiger, schleimiger Niederschlag, der je nach der Zeit der Sedimentation einen mehr oder weniger grossen Teil der suspendierten Bestandteile niederreisst. An dieser Stelle interessiert zunächst der Einfluss, welchen die durch die schwefelsaure Tonerde beschleunigte Sedimentation auf die Verminderung der Bakterien ausübt. Bitter hatte bei seinen Versuchen in Alexandrien mit Rücksicht auf den hohen Gehalt des Rohwassers an suspendierten Bestandteilen, in erster Linie Ton, eine ziemlich lange Sedimentationszeit, nämlich 9 Stunden und später 6 Stunden, gewählt und erzielte hierdurch eine Reduktion bis zu $^3/_4$ der Keime. Bei unseren Versuchen im Jahre

1904 währte die Sedimentation im allgemeinen 3 Stunden. Hierdurch wurde eine durchschnittliche Verminderung der Keimzahl von 454 auf 285 = 37,2 % beobachtet. Die kurze Sedimentationszeit, welche bei den Versuchen im Jahre 1905 angewendet wurde, hatte teilweise einen noch geringeren Einfluss auf die Abnahme der Keimzahl gehabt. Bei Durchsicht der Generaltabelle (No. I) wird man sogar nicht selten den Fall finden, dass die Keimzahl des Wassers nach dem Verlassen der Sedimentationsbottiche, d. h. über dem Filter etwas höher ist als im Rohwasser. Das erklärt sich, abgesehen von den Fehlerquellen der bakteriologischen Untersuchung, dadurch, dass, wie später erörtert werden wird, trotz der Berücksichtigung der Durchflusszeit niemals genau korrespondierende Proben entnommen werden konnten. Zieht man den Durchschnitt in Rechnung, so ergibt sich während der ersten Periode, bei der die Sedimentation 1 Stunde und 6 Minuten betrug, eine Abnahme der Keimzahl um 14,3 pCt. In der 2.—5. Periode, bei einer Sedimentationszeit von 1 Stunde und 28 Minuten, stieg dann die Reduktion wieder auf 20 %. Sie war demnach sehr gering: die Rücksicht auf die Bakterienverminderung würde daher die Anwendung der Sedimentation nicht rechtfertigen. Sie ist trotzdem notwendig. Zunächst dienen die Sedimentationsbottiche dazu, eine innige Mischung des Wassers mit der schwefelsauren Tonerde zu bewirken und durch die Verlangsamung der Stromgeschwindigkeit zugleich die Bildung eines möglichst flockigen Niederschlages zu begünstigen. Ausserdem aber genügt die kurze Dauer der Sedimentation, die einen wesentlichen Einfluss auf die Verminderung der Bakterien nicht auszuüben vermag, doch dazu, um spezifisch schwerere und darum leichter abscheidbare Suspensionen, als sie die Bakterien darstellen, nämlich Ton und Planktonorganismen, in höherem Masse zu entfernen.

Zu entbehren ist demnach bei der Schnellfiltration die Sedimentation nicht; die Hauptarbeit hinsichtlich der Entfernung der Bakterien übernimmt jedoch das Filter.

Betrachtet man die Resultate, welche bei der Keimzählung im Filtrat gewonnen wurden, so empfiehlt es sich, 2 Gruppen zu unterscheiden, nämlich 1. die Keimzahlen, welche aus der ersten Zeit einer Filterperiode stammen, wo sich das Filter erst einarbeitet, und 2. die während des normalen übrigen Betriebes gewonnenen Resultate. Zu dieser Einteilung gelangt man zunächst schon durch eine Betrachtung des Filterprozesses am Anfang des Betriebes, wie er durch die im Filtrat gefundenen Keimzahlen zum Ausdruck ge-

langt: Ist nämlich die Waschung beendet, dann ist das Filter mit reinem Wasser gefüllt. Wird Rohwasser wieder auf das Filter gelassen, so fliesst zunächst das in dem Filter stehende Reinwasser ab. Es muss eine Schwemmwirkung auf die an den einzelnen Sandkörnchen anhaftenden Keime ausüben und so zunächst kurz nach Beginn des Betriebes die Keimzahl des aus dem Filter fliessenden Wassers erhöhen. Das zuströmende Rohwasser bildet gleichzeitig eine neue Filterschicht im oberen Teile des Filters, daher sinkt dann nach einiger Zeit der Keimgehalt des Filtrates sehr schnell.

Bei den Vorversuchen im Jahre 1904, bei denen nur wenig schwefelsaure Tonerde dem Wasser zugesetzt wurde, verging im allgemeinen 1 Stunde, ehe die Keimzahl im Reinwasser unter 50 sank. Diese Grenze habe ich, wie später begründet werden wird, für ein Wasser mit durchschnittlich 500 Keimen als das Minimum der Leistungsfähigkeit angenommen. Ein Beispiel, die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung am 19. September 1904, wird die im vorigen Jahre beobachtete Abnahme der Keimzahlen während einer Filterperiode veranschaulichen. Es wurden an diesem Tage bei einer Sedimentationszeit von 3 Stunden und einer Filtriergeschwindigkeit von 4 m 21 g schwefelsaure Tonerde zu je 1 cbm Rohwasser zugesetzt. Die Spülung des Filters war um 9 Uhr 10 Minuten beendet. Um 9 Uhr 20 Minuten wurde wieder Rohwasser auf das Filter geschickt. Die Abnahme der Keimzahl im Laufe der Filterperiode ist aus der nachstehenden Tabelle ersichtlich:

Zeit	Keimzahl im	
	Rohwasser	Reinwasser
9 Uhr 20 Min. Vm.	Beginn des Betriebes	—
9 „ 30 „ „	405	420
9 „ 40 „ „	—	110
9 „ 50 „ „	—	76
10 „ — „ „	—	64
10 „ 10 „ „	—	52
10 „ 20 „ „	375	40
12 „ — „ „	—	38
6 „ — „ Nm.	410	34
8 „ — „ „	—	30

Bitter hat bei seinen Versuchen in Alexandrien das Verhalten der Bakterienmengen am Anfange des Filterbetriebes genauer geprüft und im Einklang mit den oben wiedergegebenen und auch später

gefundenen Resultaten festgestellt, dass die Menge der Bakterien 10 Minuten nach Beginn des Betriebes im Filtrat am höchsten ist. Dann wird ein regelmässiges, allmählich immer langsamer werdendes Abnehmen der Keimmengen bemerkbar. Wie schnell die Bakterien im Filtrat verschwinden, hängt in erster Linie von der Menge der zugesetzten schwefelsauren Tonerde ab. Während, wie erwähnt, bei den Versuchen im Jahre 1904 mit geringem Zusatz von schwefelsaurer Tonerde der Zeitpunkt, an dem die Keimzahl unter 50 sank, meistens nicht vor Ablauf einer Stunde erreicht wurde, gelang es mit den höheren Zusätzen von schwefelsaurer Tonerde bei den diesjährigen Versuchen eine schnellere Verminderung der Keime zu erzielen.

Bevor man nun entscheidet, von welchem Zeitpunkt einer Filterperiode ab das Filtrat als einwandfrei in bakteriologischer Beziehung angesehen werden kann, muss zunächst festgestellt werden, welche Anforderungen man in dieser Richtung bei Verwendung des oben charakterisierten Rohwassers während der Zeit, wo das Filter unter normalen Verhältnissen arbeitet, zu stellen hat. Ich will daher zunächst die Resultate besprechen, welche in dem Zeitraum der Filterperiode von 30 Minuten nach Beginn des Filterbetriebes bis zum Beginn der nächsten Waschung gefunden wurden. Die Beurteilung dieser Resultate kann von 2 Gesichtspunkten aus geschehen. Entweder kann man die absoluten Keimzahlen ins Auge fassen und hierfür, wie in den Bestimmungen des Kais. Gesundheitsamtes für die Kontrolle der Wasserwerke verfahren ist, eine Grenzzahl als Minimalleistung ansehen, oder man kann eine bestimmte prozentuale Reduktion der Keimzahl für das Filtrat verlangen.

Was zunächst die absolute Grösse der Keimzahl anbetrifft, welche im Filtrat während der normalen Filterperiode, d. h. 30 Minuten nach Beginn des Betriebes bis zum Schluss der Filterperiode, also von 10 Uhr 30 Minuten bis 9 Uhr vorm. resp. nachm. erhalten wurde, so wurden, wie die Generaltabelle zeigt, in diesem Zeitraum bei den diesjährigen Versuchen nicht ein einziges Mal mehr als 50 Keime im Reinwasser angetroffen. Zieht man den Durchschnitt der sämtlichen Keimzahlen des Filtrats während der normalen Filterzeit in Betracht, wie dies die Tabelle II veranschaulicht, so erhält man viel geringere Werte. In der ersten Untersuchungsperiode, in welcher die Sedimentationszeit nur 1 Stunde und 6 Minuten und die Filtrations-

geschwindigkeit $5^1/_4$ m betrug bei einem Zusatz von schwefelsaurer Tonerde von durchschnittlich 24 g pro Kubikmeter, ergibt sich ein Durchschnitt von 32 Keimen pro Kubikzentimeter. Bei Verlängerung der Sedimentationszeit, Verlangsamung der Filtrationsgeschwindigkeit und gleichzeitiger Steigerung des Zusatzes von schwefelsaurer Tonerde sinkt dann die durchschnittliche Keimzahl im Reinwasser auf 25 und hält sich während der folgenden Perioden trotz des allmählich steigenden Keimgehaltes des Rohwassers auf derselben Höhe (25, 23, 24, 22 Keime pro Kubikzentimeter). An diesem Gleichbleiben der durchschnittlichen Keimzahl sind mehrere Faktoren beteiligt. Hätte man während der ganzen Zeit der Versuche stets dieselbe Menge schwefelsaurer Tonerde zugesetzt, so hätte sich vielleicht ermitteln lassen, inwieweit das Ansteigen des Keimgehaltes im Rohwasser auf den Keimreichtum des Filtrates einwirkt. Da sich diese Frage jedoch infolge der ziemlich geringen Schwankungen des Keimgehaltes im Rohwasser kaum nach den Ergebnissen der Vorversuche hätte entscheiden lassen, und auch vermutlich wesentliche Differenzen nicht hätten bemerkt werden können, es andererseits vor allem darauf ankam, den wichtigsten Faktor, welcher den Reinigungseffekt der Anlage beeinflusst, die Menge der zugesetzten schwefelsauren Tonerde, genauer zu studieren, so wurde bei den Versuchen allein der Zusatz von schwefelsaurer Tonerde allmählich gesteigert. Der Einfluss, welchen das geringe Ansteigen der Keimzahl des Rohwassers auf die Keimzahl des Filtrates vielleicht ausüben konnte, wurde ausser Betracht gelassen.

Das Verhältnis der im Reinwasser gefundenen Keimmengen zu den im Rohwasser vorhandenen während der einzelnen Untersuchungsperioden ist ebenfalls aus der Tabelle II ersichtlich. Während die absoluten Keimzahlen in den Filterperioden II—V ziemlich gleich bleiben, kommt infolge des allmählichen Anwachsens der Keimzahlen im Rohwasser ein Ansteigen der prozentualen Reduktion zustande.

Sieht man von der ersten Periode ab, in welcher eine ausserordentlich kurze Sedimentationszeit und eine höhere Filtrationsgeschwindigkeit innegehalten wurde, und in welcher das Filter sich überdies einarbeiten musste[1]) — die Reduktion betrug in diesem

1) Dieses Einarbeiten des Filters, welches darin besteht, dass sich der Sand von feinen organischen Beimengungen reinigt und mit einer auch durch die

Zeitraum 85 % —, so ergibt sich, dass bei einer Sedimentationszeit von $1^1/_2$ Stunden und einer Filtrationsgeschwindigkeit von nicht mehr als 4 m pro Stunde im Durchschnitt stets eine Reduktion der Keime um mehr als 90 % erzielt wurde, und zwar je nach dem Zusatz von schwefelsaurer Tonerde steigend von 91.3 % bis 95,4 % (vergl. Tabelle II).

Nun hält sich die Keimzahl, wie schon erwähnt, auch während des Zeitraumes einer Filterperiode, wo das Filter normal arbeitet, also von 30 Minuten nach Beginn des Betriebes bis zum Schluss nicht auf derselben Höhe, sondern sinkt allmählich langsam. Dieses Absinken der Keimzahl ist aus der Tabelle III zu erkennen. In dieser Tabelle ist die prozentuale Reduktion der Keimzahl innerhalb der einzelnen Phasen einer Filterperiode während der 5 Versuchsperioden graphisch dargestellt. Um grössere Differenzen zu erhalten, sind hier die in Tabelle II als „III“ und „IV“ bezeichneten Versuchsperioden zusammengefasst. Hierbei zeigt sich, dass sich die einzelnen Versuchsperioden neben der Abnahme der absoluten und relativen Keimzahl auch insofern unterscheiden, als bei steigendem Zusatz von schwefelsaurer Tonerde viel schneller eine Konstanz der Keimzahlen innerhalb einer einzelnen Filterperiode erreicht wird, und dass dann in der Zeit von 30 Minuten nach Beginn des Betriebes bis zum Schluss der Filterperiode die Differenz der Leistungsfähigkeit des Filters immer geringer wird. In der graphischen Darstellung der Tabelle III kommt dieses Verhalten der Keimmengen durch die bei den einzelnen Versuchsperioden immer stärker ausgebildete Biegung der Kurve im Anfang und der Abnahme ihrer Steilheit im weiteren Verlauf zum Ausdruck.

Der Filtereffekt wird demnach in den fünf Untersuchungsperioden nach 3 Richtungen hin: nämlich bezüglich der absoluten Keimzahl, der prozentualen Reduktion und des Charakters der Kurve, welche durch die graphische Darstellung der prozentualen Reduktion innerhalb einer Filterperiode zustande kommt, beeinflusst.

Um nun festzustellen, in welchem Masse neben dem Zusatz der schwefelsauren Tonerde — von den anderen minderwichtigen Faktoren, welche den Reinigungseffekt beeinflussen, darf hier füglich abgesehen

---

Waschung nur teilweise entfernbaren Schleimschicht überzieht, ist von der Einarbeitung des Filters am Anfang einer jeden Filterperiode, die später näher erörtert werden wird, wohl zu unterscheiden.

werden — der Keimreichtum des Rohwassers von Einfluss ist, musste ich, da das zur Verfügung stehende Rohwasser, wie bereits erwähnt, infolge seiner geringen Schwankungen in der Bakterienmenge für derartige Feststellungen ungeeignet war, zu einer künstlichen Anreicherung des Rohwassers mit Bakterien greifen. Zu diesem Zweck wurde eine 10 Literflasche mit Bouillon mit Rohwasser geimpft und mehrere Tage bei Zimmertemperatur aufbewahrt, sodass sich eine lebhafte Vermehrung der Bakterien bildete. Diese faulende bakterienreiche Bouillon wurde dem Rohwasser kontinuierlich vor Eintritt in die Absitzbottiche zugesetzt. Die bei diesen Versuchen gewonnenen absoluten Keimzahlen des Roh- und Reinwassers sind aus der Generaltabelle ersichtlich. Wie ich später erörtern werde, ist eine gleichmässige Vermischung der zugesetzten bakterienreichen Flüssigkeit mit dem Rohwasser nicht möglich gewesen, und so erklärt es sich, dass während der Dauer der einzelnen Versuche der Keimgehalt des angereicherten Rohwassers grosse Schwankungen zeigt. Es scheint aber, dass, trotzdem stets gleiche Mengen der bakterienhaltigen Flüssigkeit dem Rohwasser zuflossen, umso mehr Keime in ihm gefunden wurden, je länger der Versuch dauerte. Das erkennt man insbesondere an den Versuchen am 16., 18., 22., 23. Juni, und ähnliche Verhältnisse zeigen sich auch an einigen Tagen, an welchen spezifische Keime dem Rohwasser zugesetzt wurden. Worauf diese Zunahme zurückzuführen ist, mag dahingestellt bleiben.

Ueberblickt man die während einzelner Versuche im Reinwasser festgestellten Keimmengen, so ist man erstaunt über die niedrigen Keimzahlen gegenüber den grossen Bakterienmengen, welche im Rohwasser vorhanden waren. Von den am 13. Juni gewonnenen Resultaten muss hier abgesehen werden, denn an diesem Tage war unzweifelhaft eine Betriebsstörung eingetreten, und auch an den letzten Versuchstagen, am 22. und 23., ist es nicht ausgeschlossen, dass eine solche Betriebsstörung vorlag. Es wurde später festgestellt, dass der Schieber zum Spülrohr, gegen welchen das unter Druck stehende Reinwasser der Leitung der Werke drückte, unvollkommen schloss. Es ist möglich, dass diese Betriebsstörung an dem Ansteigen der Keimzahl im Reinwasser während des Verlaufes der Versuche am 22. und 23. beteiligt ist. Wahrscheinlicher ist mir, dass ebenso wie bei dem Anreicherungsversuche am 10. Juni in der allmählichen Zunahme der Keime im Reinwasser der Einfluss der grossen Bakterienmengen des Rohwassers zu erkennen ist. Aehnliche Verhältnisse kennt man

von der langsamen Sandfiltration her, wo sich eine Vermehrung der Keime des Rohwassers im Filter im allgemeinen auch geltend macht, wenn ihre Menge ein bestimmtes Mass, etwa 10 000 Keime pro ccm übersteigt. Immerhin ist die Menge der bei den Versuchen im Reinwasser gefundenen Keime im Verhältnis zu dem keimreichen Rohwasser nicht hoch. Zieht man den Durchschnitt sämtlicher Ergebnisse mit Ausnahme der vom 13. Juni, so resultiert, wie die Tabelle III zeigt, für das Filtrat ein Durchschnitt von 63 Keimen gegenüber 15 080 im Rohwasser, mithin eine Verminderung von 99,6 %.

Bei der Bewertung der Resultate darf man jedoch nicht übersehen, dass diese Versuche den wirklichen Verhältnissen nicht entsprechen. M. E. sind die Resultate etwas zu günstig. Denn die Bakterien, welche in der zur Anreicherung benutzten Bouillon zur Vermehrung gelangt sind, befanden sich hier unter ganz anderen Lebensbedingungen, als sie in den Sedimentationsbottichen und in dem Filter herrschen. In der Bouillon entwickeln sich naturgemäss in erster Linie solche Keime, welche ein hohes Nahrungsbedürfnis haben, während andere in ihren Ansprüchen bescheidenere Bakterienarten in ihrer Entwicklung zurückgedrängt werden. Wird nun solche faulende Bouillon dem Rohwasser zugesetzt, so verändern sich plötzlich die Verhältnisse zu Ungunsten der Bakterien, welche in der Bouillon vornehmlich zur Vermehrung gekommen waren. Man kann wohl annehmen, dass ein Teil dieser Bakterien in den Sedimentationsbottichen und späterhin im Filter zugrunde geht. Dafür spricht schon der Umstand, dass die Anzahl der Keime sich während der Sedimentation bei diesen Versuchen verhältnismässig viel stärker als sonst vermindert hat.

Eine völlige Erklärung für den verhältnismässig geringen Einfluss, den der ausserordentlich hohe Gehalt des Rohwassers an Keimen auf den Keimreichtum im Reinwasser ausübt, ist damit jedoch nicht gegeben. Man muss dafür eine andere Erklärung suchen. Bekannt ist die für die langsame Sandfiltration allgemein anerkannte Theorie, dass ein Teil der Keime, welche man im Reinwasser findet, nicht direkt aus dem Rohwasser stammt, sondern aus dem Filter herausgeschwemmt ist, und dass der Keimgehalt des Reinwassers gegenüber dem des Rohwassers keinen absoluten Schluss dahin zulässt, wieviel Keime wirklich das Filter passiert haben.

Diese Frage hat Bitter mit Hilfe von zugesetzten Prodigiosuskeimen bei seinen Versuchen zum Gegenstande eingehender Unter-

suchungen gemacht. Er legt den gewonnenen Ergebnissen besonderen Wert für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit der Methode bei. Ich habe von vornherein auf Grund der Ergebnisse meiner Vorversuche im Jahre 1904 den mit spezifischen Keimen angestellten Anreicherungsversuchen eine derartig ausschlaggebende Bedeutung für die Beurteilung eines Filterverfahrens, wie Bitter, nicht beimessen können. Da mir überdies hierfür ein bequemerer und m. E. zuverlässigerer Weg in dem Vergleich mit den Leistungen der langsamen Sandfiltration offen stand, habe ich derartige Versuche mit spezifischen Bakterien nur in kleinerem Massstabe ausgeführt und einen kontinuierlichen, über längere Zeit ausgedehnten Zusatz von spezifischen Bakterien nicht durchgeführt. Die gewonnenen Ergebnisse haben jedoch insofern einen besonderen Wert, als sie auch wieder zeigten, dass der Filterprozess bei der Schnellfiltration denselben Gesetzen unterliegt wie bei der langsamen Sandfiltration, und dass daher die mit dem alten System gewonnenen Erfahrungen sich für die Beurteilung der Leistungsfähigkeit des neuen Systems verwerten lassen.

Am häufigsten wird zur Prüfung der Durchgängigkeit eines Filters der Bacillus prodigiosus benutzt, mit dem auch Bitter gearbeitet hat. Bei unseren Versuchen wurde der Zusatz von Prodigiosuskeimen zum Rohwasser in derselben Weise durchgeführt wie die Anreicherung mit Bakteriengemischen, die vorher in Bouillon gezüchtet waren. Eine Anzahl von Prodigiosuskulturen wurde in reinem Wasser aufgeschwemmt und dem Rohwasser kontinuierlich zufliessen gelassen. Bereits im Jahre 1904 hatte ich eine Reihe solcher Prodigiosusversuche ausgeführt und hierbei die Erfahrung gemacht, dass der genauere quantitative Nachweis dieser Bakterien in einem Wasser, welches auch andere Bakterien enthält, ziemlich grossen Schwierigkeiten unterliegt. Das Charakteristische der Prodigiosusbakterien ist nämlich die rote Farbe ihrer Kolonien. Zur Bildung dieser roten Farbe gehört jedoch unbedingt Sauerstoff. Infolge des Sauerstoffmangels entwickelt sich der Farbstoff in den tieferen Partien der Nährmedien entweder garnicht oder sehr spät. Wenigstens konnte ich dies bei fünf Stämmen verschiedener Provenienz feststellen. Im Jahre 1904 verwandte ich hauptsächlich Gelatine. Die Verdünnung des zu untersuchenden Wassers wurde bei der Aussaat soweit getrieben, dass möglichst in jeder einzelnen Kulturplatte nur wenig Prodigiosuskeime enthalten waren. Die Gelatine hat den Vorteil, dass sie von den Prodigiosusbakterien verflüssigt wird, und dass auf diese

Weise auch die tiefer liegenden Kolonien allmählich mit dem Luftsauerstoff in Verbindung kommen. Man muss aber zu diesem Zweck die Platten ziemlich lange aufbewahren, und dann wachsen auch die anderen verflüssigenden Bakterien in der Platte und verwischen sehr bald das Bild. Einige am Grunde liegende Prodigiosuskolonien, deren Identität zweifellos durch Ueberimpfung auf Kartoffeln festgestellt wurde, blieben trotzdem in der Gelatine ungefärbt. Da bei der Verwendung von Agarkulturen eine Verflüssigung nicht eintritt, so enthält die Züchtung auf Agar von vornherein einen erheblichen Fehler. Denn wenn auch die tiefliegenden Prodigiosuskolonien ein gewisses gekörntes Aussehen haben, so sind sie doch nicht immer so charakteristisch, dass man sie als solche erkennen kann. Trotzdem habe ich zunächst im Jahre 1905 auch Platten mit schwach saurem Agar angelegt, dem 1 ‰ Stärke zugesetzt war. Die Prodigiosusbakterien wachsen auf diesem Nährboden sehr gut, aber die Fehlerquelle, welche durch die mangelhafte Entwicklung des Farbstoffes in den tiefer liegenden Partien bedingt ist, lässt sich nicht vermeiden. Durchaus notwendig ist es hierbei, dass man die Kulturplatten wenigstens möglichst lange beobachtet. Aus den am 8. Juni (s. Generaltabelle) angeführten Resultaten kann man ersehen, wie sehr die nach 48 stündiger Bebrütung der Platte vorgenommene Zählung von der nach sechs Tagen abweicht. Ich bin schliesslich auf einen anderen Ausweg gelangt.

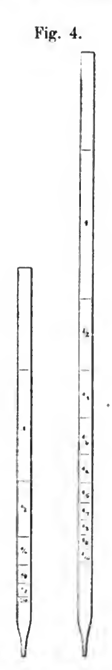
In Anlehnung an die Bestimmung des Colititers nach Petruschky und Pusch[1]) verdünnte ich die zur Untersuchung auf Prodigiosuskeime bestimmten Wasserproben mit sterilem Wasser so weit, dass man annehmen konnte, bei irgend einer Verdünnung nur einen Prodigiosuskeim zu verimpfen.

Um diese Verdünnung möglichst bequem zu gestalten, benutzte ich Pipetten (vergl. Figur 4), die so kalibriert waren, dass man mit derselben Pipette 1 ccm, $^1/_2$, $^1/_3$, $^1/_4$ bis $^1/_{10}$ ccm messen konnte. Später habe ich nur 1 ccm, $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_6$, $^1/_8$ und $^1/_{10}$ verimpft, weil sich herausgestellt hatte, dass zu feine Abstufungen zwecklos waren. Pipetten, die für diese Abmessungen ausreichen, sind entsprechend kürzer und handlicher. Wenn es sich nun um die Feststellung handelte, wieviel Prodigiosusbakterien sich im Rohwasser befanden, so

1) Bacterium coli als Indikator für Fäkalverunreinigung von Wässern. Zeitschrift f. Hygiene u. Infektionskrankheiten. 1903. S. 304.

wurde zunächst 1 ccm der entnommenen Probe auf 9 ccm sterilisierten Reinwassers verimpft, dann auf ein weiteres Gläschen ein halber ccm gegeben usw. $^1/_4$ bis $^1/_8$. Von der Verdünnung 1 : 10 wurden in derselben Weise 1 ccm bis $^1/_{10}$ ccm verimpft. Beim Rohwasser wurde auf diese Weise $^1/_{100}$ bis $^1/_{100000}$ der entnommenen Probe zur Aussaat gebracht, was sich mit 3 sterilen Pipetten erreichen liess.

Fig. 4.



Das Reinwasser wurde in derselben Weise nur bis 1 : 100 verdünnt. Als Kulturmedien benutzte ich Bouillon, in welche quadratisch geschnittene Kartoffelstücke soweit eingetaucht lagen, dass sie zur Hälfte aus der Bouillon noch herausragten. Der Gedanke dabei war der, dass die Bakterien, die sich in der Bouillon vermehren sollen,

auf der Kartoffel, die bekanntlich für den Bacillus prodigiosus das beste Substrat zur Bildung des Farbstoffes ist, leichter erkennbar würden. Durch öfteres Umschütteln der mit den Bouillonkartoffeln gefüllten Reagensgläser wurde eine Benetzung der Kartoffeln durch die Bouillon herbeigeführt. Hatte sich nun z. B. nach 6—10 Tagen in allen mit einer Probe resp. deren Verdünnung geimpften Gläschen bis zur 6000. Verdünnung Prodigiosus entwickelt, so konnte man annehmen, dass sich in der fraglichen Probe p. ccm 6000 Prodigiosuskeime befunden haben. Die durch diese Methode gewonnenen Resultate, ebenso wie die der vergleichenden Untersuchungen mit Stärkeagar sind in der Generaltabelle zusammengestellt. Ebenso wie wir es bei der Anreicherung mit Bakteriengemischen aus faulender Bouillon gesehen haben und wie es bei allen Anreicherungsversuchen zu beobachten ist, schwankt der Gehalt des Rohwassers an Prodigiosuskeimen, trotzdem kontinuierlich gleiche Mengen der Aufschwemmung zugesetzt wurden, erheblich. Auch in dieser Beziehung findet man hier, wie bei allen Anreicherungsversuchen, ähnliche Verhältnisse, dass nämlich im Verlauf der einzelnen Versuche die Menge der im Rohwasser festgestellten Keime zunimmt und dass ferner durch die Sedimentation im allgemeinen bereits eine viel grössere Abnahme stattfindet, als man es sonst ohne künstlichen Zusatz von Bakterien bei der kurzen Sedimentationsdauer beobachten konnte.

Dass die mit verschiedenen Methoden gewonnenen Resultate ziemlich erheblich differieren, ist nicht verwunderlich.

Ueberblickt man sämtliche Zählungen — auf eine Durchschnittsberechnung muss man mit Rücksicht auf die grossen Differenzen füglich verzichten — so erhält man ein recht günstiges Resultat, das sich ungefähr in denselben Grenzen hält, wie es Fränkel[1]) und Piefke, und später Piefke[2]) allein durch ähnliche Versuche mit Prodigiosusbakterien bei der langsamen Sandfiltration erhalten haben.

Noch etwas günstigere Resultate auf Agarplatten hat Bitter in Alexandrien erhalten. Wie erwähnt, glaube ich, darf man auf die quantitative Bestimmung der durchgegangenen Keime kein allzugrosses Gewicht legen. Auch die von mir vorgeschlagene quantitative Bestimmung der Prodigiosuskeime ist keineswegs einwandsfrei, denn

1) Fränkel und Piefke, Versuche über die Leistungen der Sandfiltration. Zeitschr. f. Hygiene. Bd. VIII.

2) Piefke, Neuere Ermittelungen über die Sandfiltration. Journal für Gasbel. u. Wasservers. 1891.

man darf doch nicht übersehen, dass in den mit den Wasserproben angelegten Platten oder Kulturen sich neben den Prodigiosusbakterien auch eine Menge anderer Keime entwickelt, die durch ihre Ausscheidungsprodukte die Prodigiosuskeime in ihrer Entwicklung hemmen oder vernichten. Das ist ein Einwand, den man gegen alle Methoden erheben muss, bei denen spezifische Bakterien in flüssigen Kulturmedien nachgewiesen werden. M. E. ist es aber für die Entscheidung der Frage, woher die Keime in dem Reinwasser stammen, ziemlich gleichgiltig, ob von 10000 Keimen einer oder mehrere das Filter passieren. Sicher ist, dass überhaupt das Filter nicht absolut bakteriendicht ist. Ob nun von 30—50 Bakterien, die sich im Reinwasser vorfinden, eines oder mehrere direkt aus dem Rohwasser stammen, scheint mir nicht sehr wichtig.

Alle diese Versuche sprechen aber mit Wahrscheinlichkeit dafür, dass der bei weitem grösste Teil der im Filtrat festgestellten Keime das Filter nicht passiert hatten. Wenn aber nun diese Keime aus dem Filter stammen, so müsste man doch einen Einfluss der Temperatur des Wassers konstatieren können. Die Temperatur des Filtrates, die jeden Tag ebenso wie die Lufttemperatur gemessen wurde, schwankte bei den Versuchen im Jahre 1905 zwischen 6° und 20° C. Man hätte annehmen müssen, dass sich bei höherer Temperatur die Bakterien im Filter schneller vermehren, als bei niederer. Ich habe jedoch niemals einen Einfluss der Temperatur auf den Keimgehalt im Filtrat konstatieren können. Man wird wohl annehmen müssen, dass sich bei höherer Temperatur die Bakterien allerdings schneller im Filter vermehren, dass neben der Erschöpfung des Nährbodens aber auch die Zahl der Bakterienfeinde (Diatomeen, niedere tierische Organismen wie Protozoen, die sich im Filter vorfinden und von den Bakterien leben) zunimmt und ein Ueberhandnehmen der Bakterien verhütet.

Nähme man nun aber wirklich an, dass die Untersuchungen mit Prodigiosusbakterien ein zuverlässiges Bild von der Durchgängigkeit eines Filters ergäben, so könnte man doch den Einwand erheben, dass auch auf diese Weise die Ansprüche, welche man an eine Filtration zu stellen hat, nicht hinreichend geprüft werden können. Denn der Endzweck der Filtration eines Wassers, welches zum Genuss bestimmt ist, ist die Entfernung oder wenigstens die möglichste Verringerung pathogener Bakterien, die etwa im Rohwasser enthalten sind. In Betracht kommen in dieser Beziehung in erster Linie

die Krankheitserreger des Typhus, dann auch der Ruhr und der Cholera. Wollte man daher die Leistungsfähigkeit einer Filteranlage in absolut beweisender Weise prüfen, so müsste man feststellen, ob die genannten Krankheitserreger das Filter passieren oder wie weit wenigstens ihre Anzahl durch den Filtrationsprozess verringert wird. Solche Versuche hat Piefke mit Typhusbacillen und Choleravibrionen bei der langsamen Sandfiltration angestellt. In Friedrichshagen konnten Versuche mit pathogenen Bakterien von vornherein nicht in Frage kommen. Um sich aber einen möglichst genauen Begriff davon zu machen, wie die Bacillen des Typhus, der Ruhr und der Cholera sich bei der Filtration durch ein Jewellfilter verhalten würden, verwandte ich Bakterien, welche den genannten in ihren Lebensbedingungen sehr ähnlich sind, nämlich Bacterium coli und Vibrio Dunbar.

Bacterium coli ist im Rohwasser im Friedrichshagener Wasserwerk stets zu finden, ebenso wie man auch in demselben Vibrionen harmloser Natur, wie es Vibrio Dunbar ist, nachweisen kann.

Die Versuche mit Bacterium coli und Vibrio Dunbar wurden in derselben Weise wie die Prodigiosusversuche durchgeführt, indem Aufschwemmungen von Reinkulturen dem Rohwasser kontinuierlich zugegeben wurden.

Für den Nachweis des Bacterium coli habe ich ebenfalls die oben beschriebene Verdünnungsmethode herangezogen. Als Nährmedium wurde Bouillon gewählt. Die Gläschen, welche sich nach 20 Stunden bei einer Temperatur von 37 ° C. getrübt hatten (Petruschkys Thermophilentiter), wurden weiter verarbeitet und zwar in Bezug auf Milchgerinnung, Traubenzuckervergärung, Indolreaktion, auf ihr Verhalten in Lackmusmolke und Neutralrotagar. Die Endergebnisse der Untersuchung sind aus der Generaltabelle ersichtlich. Auch in diesem Falle sind die erhaltenen Resultate recht günstig. Derselbe Einwand jedoch, den man gegen die Züchtung von Prodigiosusbakterien in Flüssigkeiten zum Zwecke ihres Nachweises machen musste, trifft vielleicht in noch erhöhtem Massstabe auch hier zu. Dafür spricht folgende Beachtung: In dem Rohwasser waren bei den Versuchen tausende von Colibacillen enthalten, während sich im allgemeinen nur höchstens 500 sonstige Keime im Rohwasser befanden. Bei der Verdünnung des Rohwassers nach der oben angegebenen Methode waren naturgemäss in dem Gläschen, in welchem sich nur ein oder zwei Colikeime vorfanden, das also für die quantitative Be-

stimmung diente, vermutlich kaum noch andere Bakterien zu finden. Auf jeden Fall war Bacterium coli immer in der Ueberzahl. So erklärt es sich, dass die Resultate, welche die Untersuchung einer einzelnen Rohwasserprobe ergab, sehr präzise waren. Man hat es hier bei den in Frage kommenden Verhältnissen mehr oder weniger mit Reinkulturen zu tun. Fast sämtliche Reaktionen ergaben bei den getrübten Gläschen ein positives Resultat. Andererseits war es bei den mit dem Reinwasser angelegten Kulturgläschen schwer, die Grenze zwischen den colibakterienhaltigen und den colifreien Reagensgläschen zu ziehen, weil eben einige, wenn nicht alle Reaktionen durch andere Bakterien, die sich neben den Colibakterien entwickelt hatten, in ihrem Ablauf gestört wurden. Hätte man allerdings alle die zeitraubenden Methoden, welche für die Identifizierung der Colibakterien angegeben sind, angewendet, so hätten sich vielleicht noch präzisere Resultate ergeben. Hierfür lag jedoch bei meinen Untersuchungen, die praktischen Zwecken dienen sollten, keine Veranlassung vor.

Vielleicht noch unzuverlässiger als die Versuche mit Bacterium coli war der mit Vibrio Dunbar angestellte Versuch am 20. Juni. Die Reduktion der Keimzahl hielt sich, wie die Generaltabelle zeigt, in ähnlichen Grenzen wie bei Bacterium coli, aber leider machte hier der Nachweis des Vibrio in den mit Reinwasser geimpften Gläschen noch grössere Schwierigkeiten. Man war hier darauf angewiesen, die Anwesenheit der Vibrionen durch Trübung, Häutchenbildung, die mikroskopische Untersuchung und die Indolreaktion nachzuweisen.

Es würde sich wohl lohnen, diese Versuche mit Bacterium coli und Vibrio Dunbar noch in ausgedehnterem Masse, als ich es unter den obwaltenden Verhältnissen tun konnte, bei einem Schnellfilter durchzuführen. Denn das Verhalten derartiger, den in Frage kommenden Krankheitserregern des Typhus, der Ruhr und der Cholera so nahe verwandter Arten würde wohl — wenn es nicht möglich ist, direkt mit Cholera- und Typhusbakterien zu arbeiten — immerhin den besten Massstab für die absolute Leistungsfähigkeit des Schnellfilters ergeben. Derartige Versuche wären um so dankbarer, als seit der Zeit, da Fränkel und Piefke ihre grundlegenden Versuche über die Durchgängigkeit von Sandfiltern bei der langsamen Sandfiltration angestellt haben, die bakteriologische Wissenschaft ganz besonders in der Feststellung spezifischer pathogener Keime wesentliche Fortschritte gemacht hat. Ein endgiltiges Urteil über die Leistungsfähigkeit eines Filters auf Grund derartiger an sich hoch-

interessanter Untersuchungen lässt sich jedoch meines Erachtens nicht abgeben.

Bei der Beurteilung der von Fränkel und Piefke auf Grund ihrer Versuche aufgestellten und von Bitter anerkannten Behauptung, dass von Hunderten und Tausenden Keimen nur einer das Filter passiert, wird gewöhnlich darauf hingewiesen, dass sich in dem für zentrale Wasserversorgungen verwendeten Rohwasser die pathogenen Keime, wenn solche überhaupt darin enthalten sind, in so geringer Anzahl vorfinden, dass die Chancen, einen pathogenen Keim aufzunehmen, wenn man täglich ein Glas von dem filtrierten Wasser trinkt, infolge der kolossalen Reduktion, die man dem gut arbeitenden Sandfilter in dieser Hinsicht zuschreibt, fast gleich Null sind. Es fragt sich doch, ob diese Annahme richtig ist, denn man muss sich daran erinnern, dass die Infektion von Oberflächenwässern, also meist Flusswässern, entweder durch städtische Abwässer oder, was vermutlich eine noch viel grössere Rolle spielt, durch die den Fluss befahrenden Schiffer erfolgt. Die durch die Filtration ausgeschiedenen pathogenen Bakterien werden hierbei nicht so gleichmässig verteilt, wie für die obige Annahme Voraussetzung ist, sondern haften zum grössten Teil[1]) an den suspendierten Teilen, d. h. z. B. an Schleimflocken. Sie können sich dann hier ausserordentlich zahlreich vorfinden. Man könnte sich wohl denken, dass eine solche bakterienbeladene Schleimflocke einmal auf ein Filter kommt, und dann handelt es sich doch nicht nur um vereinzelte Bakterien, sondern um Tausende Bakterien. Jedoch, wie gesagt, alle theoretischen Deduktionen und alle Experimente vermögen wohl bei der Beurteilung einer Wasserreinigungsmethode den Weg zu weisen, berechtigen aber nicht zu einem endgiltigen Urteil über den praktischen Wert. Dazu ist man erst auf Grund von längeren Erfahrungen, die mit grösseren zentralen Wasserversorgungen gewonnen sind, wirklich berechtigt. Bezüglich der Schnellfiltration fehlen uns z. Z. in Deutschland derartige Erfahrungen — und auch aus Amerika sind mir wirklich überzeugende Beispiele, welche den günstigen Einfluss der Schnellfiltration in zentralen Wasserwerken auf die epidemiologischen Verhältnisse dartun, nicht bekannt geworden.

Wohl aber haben wir in Deutschland die Ueberzeugung gewonnen,

---

1) Vergl. Spitta, Weitere Untersuchungen über Flussverunreinigungen. Arch. f. Hyg. Bd. 46. S. 69ff.

dass es mit Hilfe der langsamen Sandfiltration — vorausgesetzt, dass der Betrieb ordnungsmässig gehandhabt wird — gelingt, ein Wasser soweit von pathogenen Bakterien zu reinigen, dass wenigstens Epidemien in dem versorgten Gebiete nicht auftreten. Diese Erfahrungen lassen sich meines Erachtens für die Schnellfiltration, wenigstens durch Jewellfilter, direkt verwerten, denn, wie ich mehrfach hervorgehoben habe und noch weiterhin mehrfach zeigen werde, deckte sich hinsichtlich des bakteriologischen Leistungseffektes der Prozess der langsamen völlig mit dem der Schnellfiltration.

Die Mechanik der letzteren unterscheidet sich von der der langsamen Sandfiltration hinsichtlich der Einwirkung auf die Bakterien nur darin, dass durch das ausfallende Tonerdehydrat ein künstliches Plankton geschaffen wird, durch welches der Prozess der Bildung der Filterhaut und der filtrierenden Schichten des Filterbettes unter dem Einfluss der hohen Filtrationsgeschwindigkeit schneller vor sich geht, als durch das Plankton allein, welches bei der langsamen Sandfiltration diese Veränderung des Sandfilters hervorruft. Ein eingearbeitetes Schnellfilter gleicht vollkommen einem solchen bei der langsamen Sandfiltration, ja, ich glaube vermuten zu dürfen, dass das Pseudoplankton, welches durch das Tonerdehydrat gebildet wird, sogar zur Filterbildung noch besser geeignet ist als das natürliche Plankton, und dass ein Schnellfilter um so besser arbeitet, je mehr die filtrierende Schicht durch Tonerdehydrat oder durch einen ähnlichen anorganischen Niederschlag gebildet wird; denn das natürliche Plankton hat nicht die gleichmässige Struktur, speziell wenn es aus Fadenalgen besteht, wie der flockige, lockere homogene Tonerdeschlamm.

Als ein sehr sicherer Indikator für die Leistungsfähigkeit eines Sandfilters hat sich im Laufe von mehreren Dezennien die Keimzahl herausgestellt. Wenn daher bei einem Rohwasser durch ein Schnellfilter dieselben Keimzahlen erzielt werden, wie sie sich bei einer gut funktionierenden langsamen Sandfiltration ergeben, so ist meines Erachtens der Schluss berechtigt, dass ein solches Schnellfilter auch hinsichtlich der Ausschaltung pathogener Bakterien und der Verhinderung von Epidemien dasselbe leisten wird. Ich war in der Lage, in Friedrichshagen das durch langsame Sandfiltration gewonnene Filtrat mit dem in der Versuchsanlage erzielten direkt vergleichen zu können.

Die im Filtrat des Städtischen Wasserwerks festgestellten Keim-

zahlen sind in der letzten Kolumne der Generaltabelle vermerkt. Der Durchschnitt von 29 Zählungen beträgt 21, also fast ebensoviel wie in der Versuchsperiode II bis V beim Jewellfilter gefunden wurde. Im Verhältnis zum Rohwasser, in dem durchschnittlich 368 Keime in diesem Jahre festgestellt wurden, beträgt die Reduktion 94,3 %. Sie ist also noch ein wenig günstiger als die in der III. Periode erzielten Keimzahlen, bei denen ein Zusatz von 30 g schwefelsaurer Tonerde verwendet wurde, und bleibt hinter der in der Periode IV und V erreichten Keimverminderung zurück. Durch Interpolation würde man für 94,3 % Reduktion einen Zusatz von 33,6 g schwefelsaurer Tonerde per Kubikmeter erhalten. Das würde ungefähr diejenige Menge schwefelsaurer Tonerde sein, durch deren Zusatz man bei der Sedimentation von 1 Stunde 28 Min. und einer Filtrationsgeschwindigkeit von 4 m pro Stunde mit der Schnellfiltration beim Müggelseewasser von der Beschaffenheit, wie sie während der Versuche vorlag, denselben Reinigungseffekt erzielen könnte, wie durch eine gut arbeitende langsame Sandfiltration. Damit dürfte jedoch auch den strengsten Anforderungen genügt werden, denn man muss in Betracht ziehen, dass das Städtische Wasserwerk in Friedrichshagen zu den bestgeleiteten gehört und auf eine langjährige Erfahrung zurückblickt. So günstige Resultate werden wohl nicht in allen Sandfilterwerken erhalten. Andererseits ist diesem grossen Wasserwerk eine kleine Versuchsanlage gegenübergestellt. Es ist zu erwarten, dass bei einem Ausbau der Schnellfilteranlage zur normalen Grösse sich an derselben Stelle günstigere Resultate ergeben würden, und es ist wohl möglich, dass man dann auch mit einem geringeren Zusatz von schwefelsaurer Tonerde einen ebenso guten Effekt erzielen würde.

Ich kehre nun zu der Frage zurück, von welchem Zeitpunkt ab während der einzelnen Filterperiode das Wasser für Genusszwecke als einwandfrei angesehen werden kann. In der Tabelle III erkennt man, dass bei einem Zusatz von 33 g schwefelsaurer Tonerde bereits nach halbstündigem Betriebe die Verminderung der Keimzahl auf 92,2 % gestiegen ist, während bei 26 g nach einer halben Stunde erst 87,7 % erreicht werden. Eine Reduktion um 90 % genügt m. E. auch bei einem Rohwasser mit so wenigen Keimen allen Ansprüchen, sodass man im allgemeinen bei Verwendung von 33 g schwefelsaurer Tonerde das abfliessende Filtrat nach einem halbstündigen Betriebe zum Konsum gelangen lassen kann. Zu Zeiten, wo angenommen wird, dass das Rohwasser durch Cholera- und Typhusbazillen infiziert

ist, könnte man event. zur Vorsicht das Wasser erst nach einstündigem Betriebe dem Leitungsnetz zuführen. Willkürlich ist freilich die Bestimmung eines solchen Zeitpunktes ebenso gut wie die Grenzzahl 100, die das Kaiserl. Gesundheitsamt für das Filtrat angegeben hat. Allerdings ist dieser Bestimmung die Vorschrift vorausgeschickt, dass die Wirkung eines Filters als eine „befriedigende anzusehen ist, wenn der Keimgehalt des Filtrates jene Grenzen nicht überschreitet, welche erfahrungsgemäss durch eine gute Filtration für das betreffende Wasserwerk erreichbar ist“. Solange man keine längeren Erfahrungen über Schnellfilter in zentralen Wasserwerken und ihren Einfluss auf die epidemiologischen Verhältnisse des Versorgungsgebiets hat, wird man eher etwas zu streng in seinen Ansprüchen an die Leistungsfähigkeit sein müssen.

Die Zeit von einer halben Stunde hat sich bei anderen städtischen Schnellfilterwerken in Amerika, welche bereits jahrelang hindurch Trinkwasser liefern, bewährt, und auch Bitter ist bei seinen Versuchen in Alexandrien zu demselben Resultate gelangt wie ich.

Einwirkung auf das Plankton.

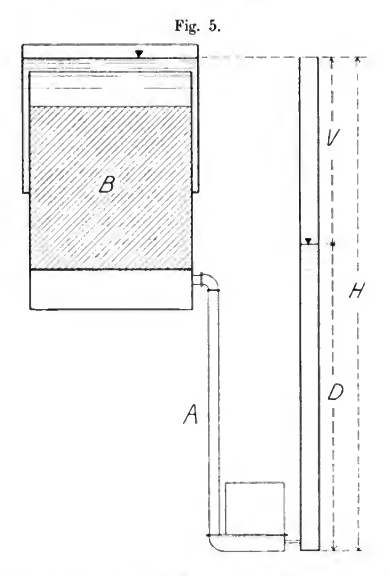
Vergleicht man nun den als Norm für eine unter den in Friedrichshagen vorhandenen Bedingungen gut arbeitende Versuchsanlage ermittelten Zusatz von 33 g schwefelsaurer Tonerde pro Kubikmeter mit den Mengen, die sich bei anderen gut funktionierenden Anlagen als ausreichend herausgestellt haben, so erscheint er etwas hoch. In Amerika wird im allgemeinen ein Zusatz von 1 grain p. Gallone, d. h. 17 g p. Kubikmeter als genügend angesehen. Bitter hat in Alexandrien ausgezeichnete Resultate mit einer Sedimentation von 6 Stunden und einer Filtriergeschwindigkeit von 4 m bei einem Zusatz von schwefelsaurer Tonerde von 22—24 g p. Kubikmeter erhalten. Der Grund dafür, dass das Friedrichshagener Wasser einen so hohen Zusatz von schwefelsaurer Tonerde erfordert, ist in seiner eigenartigen Beschaffenheit zu suchen, die sich in doppelter Hinsicht von den meisten bisher durch Schnellfiltration gereinigten Wässern unterscheidet. Meist ist nämlich die Schnellfiltration bei solchen Wässern angewandt, die tonige Trübungen enthalten. Es scheint, als ob der Ton, der doch auch eine Aluminiumverbindung ist, nämlich Aluminiumsilikat, den Filtereffekt begünstigt, indem er nicht nur die Sedimentation befördert, sondern auch zur schnellen Bildung der filtrierenden Schicht im Filter beiträgt. Andererseits ist Seewasser,

wie es zum grossen Teil in unserer Versuchsanlage zur Anwendung gelangte, im allgemeinen reicher an Plankton als Flusswasser. Besonders bei den Versuchen im vorigen Jahre hat es sich gezeigt, dass, je besser das Plankton aus dem Wasser entfernt wird, bevor dasselbe auf das Filter gelangt, desto günstiger der Reinigungseffekt in bakteriologischer Beziehung war, vorausgesetzt, dass durch einen zweckentsprechenden Zusatz von schwefelsaurer Tonerde für die Bildung einer künstlichen Filterschicht durch das ausfallende Tonerdehydrat Sorge getragen war. Solange wir im vorigen Jahre durchschnittlich nur 22 g schwefelsaurer Tonerde verwendeten, traten zu Zeiten, wo das Rohwasser sehr planktonreich war, Uebelstände in der Filtration ein. Insbesondere hat die Melosira, die zeitweise im Müggelsee in grossen Mengen auftritt, im Jahre 1904 Schwierigkeiten verursacht. Es bildeten sich nämlich bei ihrem Erscheinen auf dem Filter kleine etwa 5—8 mm im Durchmesser haltende runde leicht abgeplattete Kügelchen von bräunlicher Farbe. Sie bestanden, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, zum grössten Teil aus Diatomeen, namentlich Melosiren, ausserdem aus Eisenoxydhydrat und Tonerdehydrat. Dazwischen waren kleine Fetttröpfchen zu erkennen. Diese Kügelchen, die sich vermutlich bei dem Waschprozess durch Zusammenballen der fadenförmigen Diatomeen bildeten, waren durch die Waschung nur sehr schwer zu entfernen, weil sie spezifisch zu schwer waren, um hochgeschwemmt zu werden. Es ist anzunehmen, dass die Filterdecke durch die Auflagerung dieser Diatomeenkugeln ungünstig beeinflusst wurde. Im Jahre 1905, wo die Versuche allerdings in der planktonärmeren Zeit im Frühjahr ausgeführt wurden, wo aber doch zeitweise auch ziemlich reichliches Plankton bemerkt wurde, trat dieser Uebelstand der Kugelbildung nur in geringem Masse auf. Ich vermute, dass infolge des höheren Zusatzes von schwefelsaurer Tonerde doch ein grösserer Teil des Planktons bereits in den Sedimentationsbottichen niedergerissen wird.

Nach Schluss der bakteriologischen Untersuchung in diesem Jahre sind noch einige Versuche unternommen worden, die der Behandlung des Planktons galten. Ein direkter Gradmesser für die mehr oder weniger grosse Menge Plankton, die auf das Filter gelangt, ist der Filtrationsdruck. Derselbe wurde stündlich festgestellt. In der Generaltabelle ist nur der Rest des verfügbaren Druckes nach zehnstündigem Betriebe angegeben. Zum Verständnis der Bedeutung des Filtrationsdruckes will ich auf die Art, wie der-

selbe gemessen wird, etwas näher eingehen. Wie die Figur 5 zeigt, führt A, das Abflussrohr des Filters, nach unten in den Westoncontroler, welcher mit einem Standrohr kommuniziert.

Fig. 5.



Der Wasserstand in dem Standrohr S steht beim Anfang einer Filterperiode je nach der geringeren oder grösseren Filtrationsgeschwindigkeit etwa 30—60 cm tiefer als der Wasserstand im Filter. Im Laufe einer Filterperiode nimmt die Durchlässigkeit des Filterbettes B mehr und mehr ab, und in gleichem Masse wächst der Widerstand, welchen es dem Durchfluss des Wassers entgegensetzt. Von dem Gesamtdruck der Wassersäule H wird deshalb mehr und mehr dazu verbraucht, diesen Widerstand zu überwinden, und es wird der so entstehende Druckverlust erkennbar durch die wachsende Höhendifferenz V des Wasserspiegels im Filter und im Standrohr S. Die Höhe D der Wassersäule in dem letzteren ist das Mass des in dem unteren Teil des Westoncontrolers herrschenden Druckes. Dieser

Westoncontroler ist so eingerichtet, dass trotz des abnehmenden Druckes in dem Standrohr der Druck, welcher auf der Ausflussöffnung lastet, konstant bleibt.

Wenn der abnehmende Druck D als Ordinaten der zugehörigen Zeitabszissen aufgetragen wird, so entsteht eine parabelähnliche Kurve, deren Scheitelpunkt über dem Nullpunkt der Abszissenaxe liegt. In dem regelmässigen Verlauf dieser Kurve spiegelt sich der normale Verlauf der Filtrationsperiode. Störungen dieses Verlaufes durch Bruch oder Verletzung der Filterhaut machen sich sofort durch Bruch der Kurve bemerkbar. Veränderungen in dem Gehalt des Rohwassers an suspendierten Bestandteilen, die im Müggelseewasser in erster Linie durch Plankton repräsentiert werden, rufen entsprechende Veränderungen in der Steilheit des Abfalls der Kurve hervor. Bei starker Vermehrung der Suspensionen im Wasser wird die Kurve steiler abfallen und der Minimalwert von D bzw. der Maximalwert von V, der ca. 3 m beträgt, rascher erreicht werden, und umgekehrt. Tritt dieser Fall ein, dann vermindert sich bei weiter steigender Verstopfung des Filterbettes die Ausflussmenge, da eine Steigerung des Druckverlustes, mit anderen Worten des Druckes, welcher im Filterbett herrscht, nicht mehr möglich ist. Die Druckkurve bildet also ein Mittel, gewisse Veränderungen des Rohwassers ohne andere Untersuchung zu erkennen und den Betrieb der Filteranlage darnach einzurichten.

Enthielt z. B. das Müggelseewasser viel Plankton, so musste, um zu starke Abkürzung der Filtrationsperiode zu vermeiden, unter Zusatz grosser Dosen schwefelsaurer Tonerde, und zwar beim Eintritt des Rohwassers in den Absitzbottich, lange sedimentiert werden. War der Planktongehalt jedoch gering, dann hätte die Bildung der Filterhaut zu lange gedauert, wenn man nicht von dem Tonerdehydrat einen grösseren Teil zur Bildung der Filterschicht herangezogen hätte. Dies wurde dadurch erreicht, dass ein Teil der schwefelsauren Tonerde erst beim Austritt des sedimentierten Wassers aus den Absitzbottichen zugesetzt wurde. Derartige Uebergänge von einem stark zu einem schwach planktonhaltigen Wasser und umgekehrt vollziehen sich stets allmählich. Der Verlauf der Druckkurve ist für den Wechsel der Betriebsmethode massgebend. Ein solcher Wechsel würde nur dann gefährlich werden können, wenn man beim Ansteigen des Planktongehaltes den vermehrten Zusatz der schwefelsauren Tonerde vor Austritt des Wassers aus den Sedimentierbottichen zu früh weglässt.

Würde man dagegen die für einen geringen Planktongehalt vorteilhafte Methode, einen Teil der schwefelsauren Tonerde unmittelbar vor Eintritt des sedimentierten Wassers in das Filter zuzusetzen, beibehalten, so hätte man schlimmstenfalls zu gewärtigen, dass das Filter sich schneller als in 12 Stunden totarbeitet, also früher gespült werden muss.

Die wechselnde Menge des Planktons im Rohwasser während der Beobachtungen des Jahres 1905 spiegelt sich in dem, in der Generaltabelle angegebenen Rest des verfügbaren Druckes nach 10stündigem Betriebe und zugleich in der mehr oder weniger langen Dauer der Waschung, welche erforderlich war, wieder. Es gelang demnach stets, den Zusatz der schwefelsauren Tonerde so zu regulieren, dass am Schluss der Filterperiode, d. h. nach 11stündigem Betriebe, noch soviel Druck im Filter vorhanden war, dass die Menge des abfliessenden Wassers nicht beschränkt wurde.

Im vorigen Jahre hatten wir dagegen dem schwankenden Planktongehalt nicht genügend Aufmerksamkeit zugewandt und nicht darauf geachtet, dass das Rohwasser, das eine Zeit lang sehr reich an Plankton war, in kurzer Zeit wieder planktonärmer wurde. Die Folge davon war, dass, als eines Tages der Keimgehalt des Filtrates festgestellt wurde — regelmässige Untersuchungen wurden im Jahre 1904 nicht ausgeführt — sich plötzlich sehr hohe Keimzahlen ergaben. Aber gerade die erwähnten Erfahrungen in diesem Jahre haben gezeigt, dass sich solche unerwünschte Ueberraschungen bei regelmässiger Ueberwachung des Betriebes wohl vermeiden lassen.

Immerhin erfordert die Schnellfiltration eines Wassers, das wie das Müggelseewasser einen schwankenden Planktongehalt hat, eine genaue Kontrolle. Man musste sich daher überlegen, ob es nicht möglich ist, diese Schwankungen auszuschalten und das Wasser durch eine Vorreinigung soweit zu behandeln, dass es hinsichtlich seines Planktons eine einigermassen konstante Beschaffenheit hat. Einen Ausweg bot die Benutzung von Filtertüchern, wie sie Borchardt[1]) in Remscheid mit grossem Vorteile zur Vorreinigung von Talsperrenwasser für die Behandlung durch langsame Sandfiltration anwendet. Allerdings werden hier die Filtertücher nur zu dem Zwecke angewendet, um die Sandfilter zu entlasten. Der Filtereffekt kann bei der langsamen Sandfiltration durch eine Zunahme oder Abnahme

1) Vorschaltfilter aus Filtertuch. Journ. f. Gasbeleuchtung u. Wasserversorgung. 1904. No. 10. S. 210.

des Planktons nicht in derselben Weise wie bei der Schnellfiltration, wo man sich diesen Verhältnissen durch Abänderung des Betriebes anpasst, beeinflusst werden.

Ich habe nun mit Herrn Professor Kolkwitz einige Versuche in der Richtung angestellt, wie man mit Hilfe eines vorgeschalteten Filtertuches dem Rohwasser die grösste Menge von Plankton entziehen kann. Diese Versuche waren auch insofern von Erfolg, als es gelang, durch ein Filtertuch — wir haben verschiedene Stoffe ausprobiert — den Planktongehalt auf die Hälfte herabzusetzen. Der Erfolg war zunächst der, dass der Filtrationsdruck in dem Filter bei weitem nicht so schnell zunahm, wie ohne eine derartige Vorreinigung. Ganz wird sich wohl das Plankton auf diese Weise nicht abfangen lassen, aber es ist anzunehmen, dass gerade die Fadenalgen[1]) speziell die Melosiren, hierbei zurückgehalten werden, und dass nur das Plankton, welches aus weniger in die Länge ausgedehnten Organismen besteht und das die Güte der Filterhaut daher nicht beeinträchtigt, durch Vorschaltung eines Filtertuches nicht entfernt wird. Zu eingehenderen Versuchen in dieser Richtung war keine Gelegenheit geboten, da die Zeit, während welcher das Filter zur Verfügung stand, abgelaufen war. Ich glaube jedoch, dass dieser Gedanke, mit Hilfe von Filtertüchern den wechselnden Planktongehalt eines Wassers zu kompensieren, sich weiter mit Vorteil benutzen lassen wird.

Soviel hat sich aus den Versuchen in Friedrichshagen ergeben, dass der Planktongehalt des Wassers bei einem Schnellfilter genau kontrolliert werden muss. Um nun ausser der Beobachtung der Druckkurve noch einen zweiten Anhalt für den wechselnden Gehalt des Planktons zu haben, erscheint es mir vorteilhaft, bei einem Wasserwerk mit Schnellfiltration neben der regelmässigen bakteriologischen Kontrolle auch quantitative Planktonbestimmungen auszuführen. Im allgemeinen wird es für diesen Zweck genügen, jeden Tag etwa 1 cbm Wasser durch ein feinmaschiges Planktonnetz laufen zu lassen, das Plankton in ein Standglas hineinzuspülen, mit Formalin abzutöten und zu beobachten, wie hoch das Sediment nach 24 Stunden oder nach vorherigem Centrifugiren ist.

Wenn, wie dies bei vielen Flusswässern zutrifft, die Menge des Planktons überhaupt gering ist und nur geringen Schwankungen

---

1) Vgl. Kemná. Zur Biologie der Sandfiltration. Berichte d. Deutschen pharm. Ges. 1902. Heft 8. S. 310.

unterliegt, so fallen alle die Schwierigkeiten, welche die Schnellfiltration des Müggelseewassers in dieser Beziehung verursachte, weg. Insbesondere würde man meines Erachtens bei Quellwässern, die sich wegen des meist fast ganz fehlenden Planktons für die langsame Filtration überhaupt nicht eignen, die ausgezeichnetsten Resultate erzielen.

Chemische und physikalische Vorgänge bei der Schnellfiltration.

Betrachtet man nun die chemisch-physikalischen Veränderungen, welche in einem Wasser bei der Schnellfiltration vor sich gehen, so muss man zunächst in Betracht ziehen, dass die amerikanische Schnellfiltration zu den chemisch-mechanischen Wasserreinigungsverfahren gehört. Die chemische Wirkung wird dadurch erreicht, dass dem Rohwasser ein Fällungsmittel, in den meisten Fällen schwefelsaure Tonerde zugesetzt wird. Durch den im Wasser vorhandenen kohlensauren Kalk wird die schwefelsaure Tonerde unter Entbindung von Kohlensäure in Tonerdehydrat und schwefelsauren Kalk verwandelt. Die chemische Formel, nach welcher dieser Vorgang erfolgt, würde lauten:

$$Al_2(SO_4)_3 + 3\,CaCO_3 + 3\,H_2O = Al_2(OH)_6 + 3\,CO_2 + 3\,CaSO_4.$$

Das Tonerdehydrat, das in lockeren Flocken ausfällt, hat eine doppelte Aufgabe. Ein Teil desselben dient dazu, in den Sedimentierbottichen die suspendierten Bestandteile mit sich niederzureissen. Hierbei wird auch ein grosser Teil der im allgemeinen als gelöst betrachteten Huminsubstanzen mit ausgeschieden. Ein anderer Teil des Tonerdehydrates gelangt auf das Filter und dient hier neben dem Plankton mit zur Bildung der filtrierenden Schicht.

Je länger die Sedimentation dauert, und je langsamer infolgedessen — dieselbe Grösse des Sedimentierraumes vorausgesetzt — die Stromgeschwindigkeit in dem letzteren ist, desto mehr Schlamm scheidet sich naturgemäss hierbei ab. Enthält ein Wasser viel tonige Bestandteile, wie dies bei vielen Flusswässern der Fall ist, so ist eine längere Sedimentationszeit notwendig. Bitter hat in Alexandrien Sedimentationszeiten von 6—9 Stunden angewandt. Mit Rücksicht auf diese Erfahrungen hatten wir im Jahre 1904 mit einer dreistündigen Sedimentation angefangen. Es stellte sich jedoch heraus, dass man diese Zeit bedeutend abkürzen kann. Denn das verwandte Müggelseewasser enthält eben sehr wenig mineralische Bestandteile und ist im allgemeinen ziemlich klar. Da die Frage, welche Sedimentations-

zeit ein Wasser erfordert, eine grosse wirtschaftliche Bedeutung besitzt, weil bei langen Sedimentationszeiten der Bau sehr grosser Becken erforderlich wird, so haben wir bei den Versuchen im Jahre 1905 zunächst unser Bestreben darauf gerichtet, die kürzeste noch ausreichende Sedimentationsdauer zu ermitteln. Die Versuche wurden mit einer etwas mehr als 1 Stunde dauernden Sedimentationszeit begonnen. Ich gewann jedoch die Ueberzeugung, dass wegen des Planktons eine etwas längere Sedimentationsdauer vorteilhafter wäre. Infolgedessen wurde sie später auf ca. $1^1/_2$ Stunden erhöht.

Der sich in den Sedimentierbottichen absetzende Schlamm haftet zum Teil an den Wänden der Bottiche, wie sich bei der Reinigung derselben zeigte. Die Stärke des Wandbesatzes nahm nach unten hin zu, der grösste Teil des Schlammes hatte sich jedoch am Boden abgesetzt. Naturgemäss hängt die Menge des Schlammes ganz von der Menge der zugesetzten Chemikalien, der Menge der suspendierten Bestandteile des Rohwassers und von der Durchflussgeschwindigkeit ab. Während der Versuche im vorigen Jahre mussten die Bottiche einmal nach dreimonatlichem Betriebe gereinigt werden. Bei dem einen Bottich war noch eine zweite Reinigung notwendig. In diesem Jahre wurde der einzige, während der bakteriologischen Versuche in Betrieb gewesene Bottich am 15. Juni, also nach einer Betriebszeit von $2^1/_2$ Monaten gereinigt. Die Notwendigkeit der Reinigung tritt dann ein, wenn sich von dem nur locker anhaftenden Schlamm Flocken losreissen und auf das Filter gelangen. Man erkennt dies daran, dass der Druck im Filter sehr schnell steigt.

Die Entfernung des Schlammes ist mit keinen besonderen Schwierigkeiten verbunden, weil er sich bereits durch einen starken Wasserstrahl abspülen und sich seines geringen spezifischen Gewichtes wegen in die Abwasserleitung abführen lässt, ohne dass hier Ablagerungen oder Verstopfungen zu befürchten wären. Bei der Untersuchung im vorigen Jahre hatte er eine graubraune, lockere, schleimige Beschaffenheit und besass einen fischigen, zum Teil fauligen Geruch, der durch eine Alge, Asterionella, hervorgerufen wird. Wie die Tabelle V zeigt, bestand der Schlamm etwa zu gleichen Teilen aus organischer und anorganischer Substanz. Die letztere enthielt neben grossen Mengen von Tonerdehydrat auch sehr viel Eisen.

Nicht die ganze, beim Zusatz von schwefelsaurer Tonerde sich bildende Menge Tonerdehydrat wird in den Sedimentierbottichen

zurückgehalten. Ein grosser Teil wird, wie erwähnt, auf das Filter geschwemmt und hilft hier die Filterschicht bilden.

Bei der langsamen Sandfiltration ist es bekannt, dass nicht nur die auf dem Sand aufliegende Schlammschicht, die sogenannte Filterhaut, die Filtration bedingt, sondern dass sich auch die oberen Sandschichten an der Zurückhaltung der Bakterien und sonstigen Suspensionen beteiligen. Aehnlich sind die Verhältnisse bei der Schnellfiltration. Während jedoch bei der langsamen Sandfiltration die Filterhaut und die Umwandlung der oberen Sandschichten in ein fast bakteriendichtes Filter nur durch Plankton entsteht, wird dieser Prozess beim Schnellfilter durch den Tonerdehydratschlamm künstlich ausserordentlich beschleunigt, so dass schon nach $1/2$ Stunde, wie wir gesehen haben, die volle Leistungsfähigkeit des Filters eintritt, während dort ein bis mehrere Tage hierzu notwendig sind.

Auch die Struktur des völlig eingearbeiteten Schnellfilters ähnelt dem bei der langsamen Sandfiltration. Bitter hat dies bezüglich der Zurückhaltung der Bakterien und des Schlammes in den einzelnen Sandschichten genauer studiert und nachgewiesen, dass die grösste Menge der Bakterien und des Schlammes in der obersten Schicht festgehalten wird, und dass beide Bestandteile ziemlich schnell nach der Tiefe zu abnehmen. Dies konnte ich auch, wie die Tabelle VI zeigt, an einigen von mir entnommenen Proben bestätigen. Betrachtet man den Querschnitt des Filters nach Ablauf einer Filterperiode, also kurz vor der Waschung, so erkennt man auf dem Sande eine dünne, einige Millimeter betragende braune Schlammdecke, die mit dem Sande innig verbunden ist und sich schwer abheben lässt. Auch die obersten Sandschichten zeigen noch eine dunklere Verfärbung. In einer Tiefe von 10 cm jedoch unter der Oberfläche kann man wenigstens makroskopisch eine Verunreinigung des Sandes nicht mehr erkennen. Infolge des innigen Zusammenhanges des auf dem Sande gebildeten und des in den obersten Schichten eingelagerten Schlammes ergab die durch Abkratzen entnommene Probe nur einen verhältnismässig geringen Gehalt an organischer Substanz, wobei jedoch in Betracht zu ziehen ist, dass die in der Tabelle VI mitgeteilten Analysen gewichtsanalytisch ausgeführt sind. Mikroskopisch bestand im übrigen die oberste Schicht aus Tonerdehydrat und Planktonorganismen. Beide Bestandteile nehmen, wie die Tabelle VI zeigt, nach der Tiefe hin, ebenso wie die Bakterien,

immer mehr ab. Aber auch noch in den tieferen Schichten konnte man geringe Spuren von Tonerde und Plankton nachweisen.

Durch die Waschung wurde fast aller Tonerdeschlamm entfernt, ebenso wurden dann in dem Sande auch nur noch wenige Bakterien und Planktonorganismen gefunden. Eine gewisse Menge von Tonerde- und Planktonschleim haftet an den Sandkörnchen so fest, dass er durch die Waschung nicht entfernt wird. Er ist jedoch auch für die höchste Leistungsfähigkeit des Filters notwendig. Daher muss ein aus frischem Sande hergestelltes Filter erst einige Wochen im Betrieb sein, um vollkommene bakteriologische Resultate zu ergeben. Vgl. Anm. S. 103. Nur in der obersten Schicht wurde noch eine etwas grössere Menge von Bakterien, Plankton und Tonerdeschlamm festgestellt. Dasselbe hat Bitter, der eine grössere Menge bakteriologischer Untersuchungen des gewaschenen Filtersandes angestellt hat, gefunden. Dieser Befund erklärt sich dadurch, dass nach beendeter Waschung eine Art von Sedimentation eintritt unter Nachwirkung der durch die Rechenbewegung erzeugten rotierenden Bewegung der Sandmassen. Bei Beginn der Waschung wird durch das von unten her aus den Siebköpfen gleichmässig nach oben gedrückte Wasser eine Hebung der ganzen Sandmasse bewirkt. Der Sand fängt an zu schwimmen und wird durch die nun einsetzende Tätigkeit der Rechen in eine rotierende Bewegung gebracht. Die einzelnen Sandkörnchen nehmen hierbei ausserdem noch eine rollende Bewegung an und reiben sich gegeneinander. Auf diese Weise wird eine Loslösung und zugleich Aufwärtsspülung des anhaftenden Schleimes erreicht. Hierbei ordnen sich alle im Wasser befindlichen Teile nach ihrer Schwere an. Das Plankton, die Bakterien und der Tonerdeschlamm werden allmählich über den Rand des Filterbottiches gespült. So klärt sich bereits nach einigen Minuten das aus dem Filtersand austretende anfangs stark trübe Wasser. Läuft es dann ganz klar ab, so wird der Zufluss des von unten eintretenden Wassers, welches infolge seines Druckes die Sandkörnchen in Suspension hielt, abgesperrt und die Rechenvorrichtung festgestellt. Der Sand rotiert dann noch einige Minuten, sein Niveau fällt hierbei wieder auf die frühere Höhe, und fast mit einem Ruck stehen alle Sandkörnchen still. Auch die Sandkörnchen selbst haben sich bei dem Prozess der Waschung im allgemeinen in gewisser Weise geordnet. Die oberste Schicht besteht aus dem feinsten Sande, nach der Tiefe zu nimmt das Korn allmählich zu.

Das Filter unterscheidet sich nach der Waschung demnach wesentlich und zwar günstig von einem aus gewaschenem Sande neu aufgeschütteten Filter, wie es bei der langsamen Sandfiltration hergestellt wird. Während sich bei dem Schnellfilter die wenigen zurückbleibenden Suspensionen in den oberen Schichten angesammelt haben und die tieferen Schichten von vornherein fast ganz frei davon sind, besteht ein aus gewaschenem Sande für die langsame Sandfiltration hergestelltes Sandfilter aus einer gleichmässig mit Suspensionen durchsetzten Sandmasse und braucht schon aus diesem Grunde längere Zeit als das Schnellfilter zur Herstellung einer normalen Funktion.

Das Verhalten der im Rohwasser enthaltenen suspendierten Bestandteile organischer Art, Bakterien und Plankton bei der Schnellfiltration ist schon erörtert worden. Von den ungelösten anorganischen Substanzen, die im Rohwasser vorkommen, ist in erster Linie der Ton, welcher eine gleichmässige Trübung des Wassers hervorruft, von Wichtigkeit.

Das in der Versuchsanlage benutzte Müggelsee- bezw. Spreewasser war, wie die Tabelle IV, in der einige chemische Analysen des Roh- und Reinwassers gegenübergestellt sind, zeigt, zwar nicht immer ganz klar und zeigte manchmal eine leichte Opaleszenz. Die Trübungen rührten jedoch, wie die mikroskopische Untersuchung ergab, zum grossen Teil von ausfallendem Eisen und von Plankton her. Das Wasser war demnach nicht geeignet, den Einfluss der Schnellfiltration auf tonige Trübungen zu zeigen. Ich habe infolgedessen einige Versuche mit künstlichen Trübungen durch Ton ausgeführt. Um eine einigermassen gleichmässige Trübung herzustellen, wurde stündlich 1 kg Ton in 20 l Wasser verrieben und von dieser Verreibung 4 l in 10 l Wasser aufgeschwemmt. 10 l der Aufschwemmung, in der der Ton einigermassen in Suspension bleibt, wurden in kontinuierlichem Zufluss dem Rohwasser innerhalb 12 Minuten zugegeben. Auf diese Weise wurde 1 Kilo Ton in einer Stunde in dem Rohwasser zur Suspension gebracht. Zur Feststellung der Trübung benutzte ich den amerikanischen Trübigkeitsmesser[1]). Das Prinzip desselben beruht darauf, dass die Höhe der Wasserschicht in Zentimetern festgestellt wird, durch welche das Licht einer Normalkerze zum Verschwinden gebracht wird. Die

1) Report of Committee on Standard Methods of Water Analysis. Chicago 1905. S. 16ff.

Untersuchung muss in einem verdunkelten Raum vorgenommen werden. Sie gibt im allgemeinen recht gleichmässige Resultate und vermeidet den Fehler, der bei der Benutzung des wechselnden Tageslichtes als Lichtquelle entsteht. Um aus dem Grade der Trübung einen Anhalt für den Gehalt des untersuchten Wassers an suspendierten Bestandteilen zu gewinnen, sind in einer Reihe von Städten vergleichende Untersuchungen angestellt zwischen dem Gehalt eines Wassers an suspendierten Bestandteilen und den mit dem Trübigkeitsmesser gefundenen Werten. So entspricht z. B. eine Trübung, bei der im Trübigkeitsmesser das Licht der Normalkerze bei 15 cm verschwindet, einem Gehalt von ungefähr 144 mg suspendierter Bestandteile im Liter. Wie aus den in der Generaltabelle unter dem 28. April verzeichneten Befunden ersichtlich ist, wurde eine gleichmässige Trübung des Rohwassers erst einige Stunden nach Beginn des Versuches erreicht.

Die Trübung, welche ich durch den Zusatz von Ton bei den Versuchen erzielte, ist stärker, als man sie in irgend einem Wasser, das in Deutschland zur zentralen Wasserversorgung verwendet wird, je findet. Man hatte eben bisher derartig tonig getrübte Wässer nicht verwenden können, weil es mit der langsamen Sandfiltration nicht gelingt, stärkere Trübungen von Ton zu entfernen. In wie hohem Masse die Schnellfiltration imstande ist, den Ton auszuscheiden, haben die von mir angestellten Versuche mit künstlicher Trübung bewiesen. Das Reinwasser, welches während des von vormittags um 11 bis abends um 9 Uhr fortgesetzten Versuches erhalten wurde, war stets absolut klar. Auch noch durch eine Schicht von 75 cm war mit dem Trübigkeitsmesser die Flamme der Normalkerze scharf und deutlich zu erkennen. Aehnlich günstige Resultate bezüglich der Entfernung von Trübungen sind auch in Amerika, wo man, wie erwähnt, häufig gezwungen ist, stark durch Ton getrübtes Flusswasser für zentrale Wasserversorgungen zu benutzen, gewonnen, und auch Bitter hat in Alexandrien diese günstigen Erfahrungen durchaus bestätigen können.

Von den Stoffen, die durch das angewandte amerikanische Schnellfilterverfahren weiterhin entfernt werden, gehören noch einige im Wasser gelöste Substanzen. Wenigstens wird im Allgemeinen angenommen, dass die Huminsubstanzen, welche dem Wasser eine gelbliche Färbung verleihen, in demselben gelöst sind. Der Umstand jedoch, dass ein grosser Teil derselben durch Zusatz von schwefel-

saurer Tonerde entfernt werden kann, spricht für die neuerdings behauptete Natur der Huminsubstanzen als colloidaler Körper. Wie aus den Analysen der Tabelle VI hervorgeht, zeigt auch das Müggelsee-Spreewasser hin und wieder eine leicht gelbliche Färbung. Sie wurde durch die Schnellfiltration völlig entfernt. Um jedoch das Verhalten der Huminsubstanzen, welche das Rohwasser färben, genauer zu studieren, habe ich einen Versuch mit künstlicher Färbung des Rohwassers angestellt. Es wurden zu diesem Zweck 600 l eines möglichst konzentrierten Torfauszuges hergestellt, die dem Rohwasser in der üblichen Weise zugesetzt wurden. Zur Bestimmung der Färbung benutzte ich einen in Amerika üblichen Apparat[1]), der sich für die Praxis recht bewährt hat. Die Messung der Färbung wird dadurch bewirkt, dass eine bestimmte Schicht des zu untersuchenden Wassers bezüglich seiner Färbung mit verschieden stark gelb gefärbten Glasplättchen, die ebenso wie das Wasser in einer Röhre aus Aluminium von gleicher Länge eingeschlossen sind, verglichen werden. Die Färbung der Glasplättchen entspricht verschieden stark konzentrierten Lösungen einer gewissen Platincobaltverbindung. Durch Kombination verschiedener Plättchen lässt sich eine grosse Anzahl von Abstufungen in der Farbe herstellen. Als Lichtquelle wird für die vergleichende Untersuchung das Tageslicht benutzt. Bei den von mir im Jahre 1904 am 24. Nov. ausgeführten Versuchen wurde die Färbung des nach Zusatz von Torfauszug künstlich gefärbten Rohwassers mit durchschnittlich 68 Farbgraden des erwähnten Kolorimeters bestimmt. Durch die Schnellfiltration gelingt es allerdings nicht, eine so starke Färbung absolut zu entfernen. Für den praktischen Gebrauch musste jedoch das erzielte Filtrat als farblos angesehen werden (vergl. Tabelle VII). Auf jeden Fall war es mit dem Kolorimeter, in dem nur eine 20 cm hohe Schicht untersucht wird, nicht möglich, die leichte Färbung zu bestimmen. Sie blieb unter 7 Farbgraden zurück. Durch die langsame Sandfiltration ist eine Entfärbung des Wassers überhaupt nicht zu erreichen.

Hinsichtlich der Entfernung der durch Ton hervorgerufenen Trübung und der durch Huminsubstanzen bewirkten gelben Färbung des Wassers übertrifft die Schnellfiltration unter Zusatz von schwefelsaurer Tonerde demnach die bisher übliche alte Filtriermethode.

1) Standard Methods etc. S. 20.

Ausser den genannten Substanzen wird durch die Schnellfiltration auch ein grosser Teil des Eisens aus dem Rohwasser ausgeschieden, wie aus den in Tabelle IV und VII mitgeteilten Analysen hervorgeht. Im allgemeinen wird man allerdings die Ausscheidung des Eisens durch Lüftung und nachfolgende Filtration durch Sand oder Kies bewirken und kann hierbei den Zusatz von schwefelsaurer Tonerde entbehren.

Ueberblickt man nun die übrigen im Wasser gelösten Bestandteile hinsichtlich ihres Verhaltens bei der Schnellfiltration, so fällt vor allen Dingen die Zunahme der schwefelsauren Salze, die durch den Zusatz der schwefelsauren Tonerde bedingt ist, in die Augen. Naturgemäss nimmt dementsprechend auch die permanente Härte des Wassers zu. Wie jedoch die Tabellen IV und VII zeigen, ist diese Zunahme im allgemeinen bei Zusatz so geringer Mengen von schwefelsaurer Tonerde ziemlich gering. Für die Verwendung des durch ein Jewellfilter gereinigten Wassers zu Genusszwecken kommt der etwas höhere Gehalt an schwefelsaurem Kalk kaum in Betracht, denn es gibt genügend Wässer, die weit grössere Mengen von schwefelsaurem Kalk enthalten und die ohne Schaden für die Gesundheit als Trinkwasser benutzt werden. Dagegen könnte die Frage entstehen, ob das Wasser, welches durch Schnellfilter unter Zusatz von schwefelsaurer Tonerde gereinigt ist, auch für technische Zwecke, insonderheit als Kesselspeisewasser, verwendbar ist. Allerdings ist eine höhere permanente Härte in einem Wasser bei der Verwendung desselben zu Kesselspeisezwecken wenig erwünscht, weil sie einen schwer zu entfernenden Kesselstein bildet. Die Vermehrung der permanenten Härte des Wassers durch die geringen Zusätze von schwefelsaurer Tonerde sind im allgemeinen jedoch auch für diesen Zweck zu unbedeutend, um das ganze Verfahren bei der Reinigung des Wassers für zentrale Wasserversorgungen in Misskredit zu bringen, denn es gibt genügend Methoden, um die permanente Härte aus dem Wasser zu entfernen; und wenn ein Wasser ohne Zusatz von schwefelsaurer Tonerde eine Entfernung der Kesselsteinbildner nicht erforderte, so wird sie durch die geringe Steigerung der permanenten Härte in Folge der Schnellfiltration im allgemeinen auch nicht notwendig werden. Bei einem Wasser, welches sehr wenig kohlensauren Kalk enthält, könnte jedoch der Fall eintreten, dass beim Zusatz von schwefelsaurer Tonerde, da nicht genügend Kalk zur Bindung vorhanden ist, das Wasser eine

saure Reaktion annimmt. Damit wären eine Reihe von Uebelständen, in erster Linie wohl die Gefahr von Arrosionen der Leitungsröhren verbunden. Es gibt aber in diesem Falle ein sehr bequemes und billiges Aushilfsmittel, indem man dem Wasser zugleich Kalklösung hinzusetzt.

Dass bei der Schnellfiltration auch im übrigen überhaupt eine Abnahme gelöster organischer Substanzen (vgl. Kaliumpermanganatverbrauch in der Tabelle IV) stattfindet, hat im allgemeinen keinen praktischen Wert. Auch auf die übrigen Veränderungen hinsichtlich der stickstoffhaltigen gelösten Substanzen durch Oxydation während des Filterprozesses brauche ich nicht einzugehen. Die Prozesse zeigen jedoch eine völlige Uebereinstimmung mit den Vorgängen bei der langsamen Sandfiltration.

Hygienische Beurteilung.

Betrachtet man die Reinigung von Trinkwasser durch Jewellfilter vom hygienischen Standpunkte, so könnte man an dem Zusatz von schwefelsaurer Tonerde Anstoss nehmen. Sicher ist wenigstens, dass in Deutschland eine gewisse Abneigung gegen den Zusatz von Chemikalien zu Genussmitteln besteht. Die Abneigung ist jedoch in diesem Falle nicht berechtigt, denn zunächst muss man sich klar machen, dass es sich doch nur um ungeheuer kleine Mengen von schwefelsaurer Tonerde handelt, die zur Verwendung gelangen. Einen gesundheitsschädlichen Einfluss könnte man dann doch höchstens dem Aluminium, welches in der schwefelsauren Tonerde enthalten ist, zuschreiben. Geringe Mengen von Aluminium sind jedoch in vielen einwandfreien Trinkwässern, besonders auch in Mineralwässern zu finden. Da ausserdem höchstens 20 % Aluminium in der schwefelsauren Tonerde enthalten sind, so würde 1 l Wasser — mehr wird wohl durchschnittlich pro Kopf nicht getrunken werden — bei einem Zusatz von 33 g schwefelsaurer Tonerde zu 1 cbm, wie er bei dem Müggelseewasser sich als erforderlich herausgestellt hat, ca. 7 mg Aluminium enthalten. In einem ganzen Jahr würden nur ca. $2^1/_2$ g Aluminium zum Genuss gelangen. Nun gelangt aber wenigstens bei ordnungsmässigem Betriebe überhaupt kein Aluminium in das Reinwasser. Wir haben wenigstens niemals solches nachweisen können. In Amerika ist im Jahre 1898 durch die Sanitätsbehörde des Staates Rhode Island eine Rundfrage bei 44 grossen Städten veranstaltet,

welche ihr Trinkwasser durch Schnellfiltration reinigen, um die Erfahrungen bezüglich der eventuellen Gesundheitsschädlichkeit des Alaunzusatzes zu sammeln. Einstimmig wurde angegeben, dass irgendwelche Gesundheitsschädigungen durch die angewandte Wasserreinigungsmethode nicht bekannt geworden sind, und mit verschwindenden Ausnahmen, die sich durch mangelhaften Betrieb erklären, ist bei den sämtlichen Wasserwerken im Filtrat niemals Tonerdehydrat festgestellt worden.

Aber auch der Vermehrung der schwefelsauren Salze, welche, wie wir gesehen haben, nach dem Zusatz von schwefelsaurer Tonerde eintritt, kann meines Erachtens vom hygienischen Standpunkt keine ungünstige Bedeutung beigelegt werden. Die Zunahme der schwefelsauren Salze ist nur gering, und es gibt unter den Trinkwässern, welche seit Jahren für zentrale Wasserversorgungen dienen, viele, die von Natur aus einen viel höheren Gehalt an schwefelsaurem Kalk aufweisen, als er bei Zusatz der in Betracht kommenden Mengen schwefelsaurer Tonerde im Reinwasser der Versuchsanlage festgestellt wurde.

Im übrigen besitzt eine Schnellfilteranlage vom hygienischen Standpunkte aus einen ausserordentlichen Vorzug vor der langsamen Sandfiltration durch die Art der Filterwaschung.

Bei der langsamen Sandfiltration müssen die Arbeiter stets das Filter betreten, wenn eine Sandschicht abgenommen werden soll oder das ganze Filter gereinigt wird. Der Sand wird gewöhnlich mit Karren nach aussen befördert und kommt hierbei ebenso wie bei der Waschung und dem Rücktransport mit den Händen und der Kleidung des Arbeiters mehr oder weniger in Berührung. Während nun im Winter ein Filter monatelang nicht gereinigt zu werden braucht, tritt im Sommer unter Umständen häufig der Fall ein, dass schon nach wenigen Tagen die Filter sich tot arbeiten. Infolgedessen ist plötzlich eine Vermehrung der Arbeitskräfte erforderlich, und es dürfte nicht immer möglich sein, wie dies teilweise durch die Aufsichtsbehörden vorgeschrieben ist und in gut geleiteten Wasserwerken auch streng durchgeführt wird, die Arbeiter auf ihren Gesundheitszustand genügend zu kontrollieren. Wenn auch die Gefahr, dass durch die Bedienung der Filter eine Infektion derselben eintreten kann, nicht überschätzt werden darf und bei einem sorgfältigen Betriebe schon genügend Sorge getragen wird, dass nur völlig einwandfreies, gut filtriertes Wasser dem Konsum übergeben wird, so lässt sich doch

eine solche Gefahr nicht ganz von der Hand weisen, besonders, wenn eine Epidemie im Lande herrscht und es vielleicht überhaupt schwer ist, geeignete Arbeitskräfte heranzuziehen.

In einer Schnellfilteranlage hingegen geht die Waschung des Filters vollkommen maschinell vor sich. Das Personal kommt mit seiner Kleidung und mit seinen Händen in gar keine Berührung mit dem Filter und dem Wasser. In einer kleinen Versuchsanlage springt dieser Vorteil einer maschinellen Waschung nicht so in die Augen wie in einer grossen Anlage. Ich hatte Gelegenheit, in der Triester Anlage mehrere Male die Filterwaschung zu beobachten und konnte mich davon überzeugen, wie sauber, exakt und allen hygienischen Anforderungen entsprechend diese Arbeit ausgeführt wird. Es genügt, ein paar Schieber umzustellen und die Maschinen für die Bewegung der Rechen anzulassen, dann geht die Waschung ohne jedes weitere Zutun des Personals vor sich. Der Effekt ist, wie wir gesehen haben, ein ganz vorzüglicher. Da übrigens die Waschung der einzelnen Filter in einer grossen Anlage immer in bestimmten Intervallen und nicht zu gleicher Zeit vorgenommen wird, so genügt für die Bedienung der Anlage wenig Personal. Eine Zuziehung von Hilfskräften ist im allgemeinen nicht erforderlich. Dazu kommt, dass sich der ganze Betrieb und insbesondere die Waschung des Filters bequem übersehen und kontrollieren lässt. Sollte aber wirklich einmal die Annahme berechtigt sein, dass eine Schnellfilteranlage durch pathogene Keime verseucht wäre, so lässt sich eine Desinfektion der ganzen Anlage mit verhältnismässig geringen Kosten durchführen. Bei der langsamen Sandinfiltration nehmen die Filter einen so grossen Raum ein, dass es schon mit sehr grossen Schwierigkeiten verknüpft wäre, dieselben in gleicher Weise einer Desinfektion zu unterziehen.

Vom hygienischen Standpunkt ist demnach der Schnellfiltration durch Jewellfilter vor der langsamen Sandfiltration unbedingt der Vorzug zu geben.

Technische Bemerkungen.

Was nun die rein technische Seite der amerikanischen Schnellfiltration anbelangt, so möchte ich nicht unterlassen, auf einige Punkte hinzuweisen. Zunächst scheint mir die Art der Sedimentation, wenigstens wie sie in der Versuchsanlage angewendet wurde, nicht eben vorteilhaft zu sein. Wie bereits erwähnt, haben die hierfür verwandten Bottiche einen doppelten Zweck zu erfüllen. Es soll

in ihnen einerseits eine innige Vermischung des chemischen Fällungsmittels mit dem Rohwasser erzielt werden und andererseits eine wenigstens teilweise Ausscheidung der suspendierten Bestandteile und des Fällungsmittels erreicht werden. Um nun eine möglichst günstige Mischung zu ermöglichen, befinden sich in den Bottichen einige senkrechte Querwände, die abwechselnd auf der einen und auf der anderen Seite Ausschnitte für den Durchtritt des Wassers haben. Die Absicht dieser Einrichtung ist, durch die zwangsläufige Führung das Wasser zu einem möglichst langen Weg zu zwingen. Diese Einrichtung hat jedoch den Nachteil, dass eine Reihe toter Winkel entstehen, in denen das Wasser mehr oder weniger lange stagniert. Ein Teil des Wassers nimmt bei dem Durchgang durch die Bottiche den kürzesten Weg und verweilt viel kürzere Zeit in denselben, als man berechnet. Durch einen Versuch unter Zusatz von Uranin zum Wasser am 24. Juni 1905 habe ich dies direkt nachweisen können. Die berechnete Sedimentationszeit betrug an diesem Tage 88 Minuten. Als jedoch bei dem Hahn h_3 (siehe Fig. 2) Uranin zugesetzt wurde, erschien dasselbe über dem Filter bereits nach 40 Minuten. Allerdings muss man bei diesem Versuch in Betracht ziehen, dass bei Zusatz einer Farbflüssigkeit die Diffusion eine gewisse begünstigende Rolle spielt und dass suspendierte Teile, wie z. B. Ton, sich nicht mit derselben Schnelligkeit vorwärts bewegen. Ich habe zwar keine genauen Messungen bei den Tonversuchen angestellt, aber doch wenigstens den Eindruck gewonnen, dass die durch den Ton erzeugte Trübung nicht so schnell fortschritt wie die Färbung mit Uranin. Aehnlich wie Ton wird sich auch das ausfallende Tonerdehydrat verhalten. Immerhin zeigt der Uraninversuch, dass die Sedimentierbottiche ihrer Aufgabe nicht voll entsprechen. In der Frage der Sedimentation ist in den letzten Jahren auf dem Gebiete der Abwasserklärung viel gearbeitet worden, und es wäre m. E. vorteilhaft, wenn die hierbei gewonnenen Erfahrungen, trotzdem sich der Prozess der Sedimentation von Abwässern durch die Grösse und Schwere der in Betracht kommenden Suspensionen von der Trinkwasserklärung nicht unwesentlich unterscheidet, sinngemäss verwertet würden. Ich kann an dieser Stelle nicht weiter auf diese Frage eingehen, glaube aber, behaupten zu dürfen, dass gut konstruierte Absitzbecken einen weit höheren Nutzeffekt bezüglich der Abscheidung suspendierter Teile liefern würden als die von der Jewell-Filter Co. wenigstens teilweise verwendeten Bottiche mit Zwischenwänden. In Frage käme auch noch, ob es sich nicht empfiehlt, die

Mischung der schwefelsauren Tonerde mit dem Wasser ganz von dem Prozess der Sedimentation zu trennen.

Der Zusatz der Lösung von schwefelsaurer Tonerde wurde in der Versuchsanlage durch die Hand reguliert und erforderte eine dauernde Ueberwachung. Auch in der Triester Anlage wurde die Menge des zufliessenden Alauns nicht automatisch bewirkt. Nur durch dauernde Aufmerksamkeit der Kontrolle wird man den Zufluss gleicher Mengen von Chemikalien erreichen können. Es wäre sehr wünschenswert, wenn sich die Menge der Zusätze durch maschinelle automatische Einrichtungen genau dosieren liesse. Denn es besteht doch eine grosse Gefahr für den Filtereffekt darin, dass ein plötzliches Geringerwerden oder Aufhören des Zuflusses eintritt. Man würde ja eine derartige Betriebsstörung an dem Verlauf der Druckkurve des Filters wohl bald bemerken können. Besser wäre es jedoch, wenn nach Möglichkeit eine solche Betriebsstörung verhindert oder das Eintreten derselben durch ein Alarmsignal zur Kenntnis des Personals gebracht wird.

Am besten technisch durchgebildet ist das Filter und die Wascheinrichtung desselben. Es kann hier auf die technischen Einzelheiten nicht näher eingegangen werden. An und für sich sind ja die Grundsätze, auf denen der Prozess der Filtration und der Waschung des Filters beruhen, nicht neu. Charakteristisch für die amerikanischen Systeme der Schnellfiltration ist aber die sorgfältige technische Durchbildung. Insbesondere der Westoncontroler, der den Filterdruck reguliert, funktionierte, wovon ich mich häufig überzeugt habe, ausgezeichnet.

Trotz dieser grossen technischen Vorzüge hat es während der Betriebsdauer der Versuchsanlage nicht an Störungen gefehlt. Das darf aber nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, dass es sich eben um eine Versuchsanlage handelte, die von einem nicht speziell vorgebildeten Personal bedient wurde. Einige Male wie am 13. Juni 1905 war ein Grund für die Betriebsstörung nicht zu ermitteln, trotzdem aus den gewonnenen Untersuchungsresultaten das Vorhandensein einer solchen mit Sicherheit angenommen werden muss. Ein anderes Mal trat infolge der zu spät erfolgten Reinigung der Bottiche eine Verstopfung der Rohrleitung k (s. Figur 2) ein. Eine besondere Gefahr bildete bei der Versuchsanlage die Rechenvorrichtung, die mittels einer Kurbel durch Handbetrieb in Bewegung gesetzt wurde. Ein leichter Stoss an diese bewirkte eine Erschütterung der einzelnen

Rechenstäbe, sodass die sie umgebende filtrierende Schicht geschädigt wurde. Solche Zufälle lassen sich bei einer Versuchsanlage nicht immer vermeiden, können aber in einer grossen Schnellfiltrationsanlage leicht vollkommen vermieden werden. Man darf daher mit Sicherheit annehmen, dass eine grosse Anlage unter sachverständiger Aufsicht noch günstigere Resultate ergeben wird, als ich sie mit der Versuchsanlage erzielte.

Schluss.

Fasst man die Ergebnisse der im Vorstehenden mitgeteilten Versuche zusammen, so lässt sich das Jewellfilter, vorausgesetzt, dass die Betriebsbedingungen den bestehenden Verhältnissen richtig angepasst sind, hinsichtlich der Leistungsfähigkeit in bakteriologischer Beziehung der langsamen Sandfiltration gleichwertig an die Seite stellen. In Bezug auf die Entfernung von Trübungen und Färbungen des Rohwassers ist das Jewellfilter dem alten Systeme unbedingt überlegen. Selbst jedoch, wenn hinsichtlich der bakteriologischen Leistungsfähigkeit zunächst noch ein gewisses unberechtigtes Misstrauen gegen die Schnellfiltration überwunden werden muss, wird man demselben doch den Vorzug geben müssen, wenn bei der Anlage die horizontale Raumausdehnung eine gewichtige Rolle spielt. Das ist z. B. in gebirgigem Terrain im allgemeinen der Fall. So würde sich in Triest die Anlage von Sandfiltern für die langsame Filtration doppelt so teuer als die nach dem Jewellfiltersystem schliesslich ausgeführte Anlage gestellt haben. Auch für die Reinigung von Talsperren-Wässern kann dieser Gesichtspunkt von ausschlaggebender Bedeutung sein. Noch mehr aber wird die Raumbeschränkung bei der Wahl des Systems in Betracht kommen, wenn es sich darum handelt, in Festungen für den Kriegsfall, wo etwa ausserhalb der Festung belegene Wasserwerke vom Feinde okkupiert werden können und sich deshalb die Notwendigkeit erweist, inmitten des Bebauungsgebietes ein Wasserwerk unter Benutzung von Oberflächenwasser, in erster Linie Flusswasser, zu erbauen. Allerdings wird man sich nicht verhehlen dürfen, dass in denjenigen Fällen, wo das zur Verfügung stehende Rohwasser in seiner Zusammensetzung, besonders hinsichtlich des Planktongehaltes, grossen Schwankungen unterworfen ist, die Wahl der richtigen Betriebsbedingungen und die Anpassung an die jeweilige Beschaffenheit des Rohwassers mit gewissen Schwierigkeiten verbunden ist. Man

darf jedoch nicht ausser Acht lassen, dass in dieser Beziehung die langsame Sandfiltration auf eine Jahrzehnte lange Erfahrung zurückblickt. Da die Erfahrungen in der Verwendung der Schnellfiltration zu einem endgiltigen Urteil über die Behandlung eines in seiner Zusammensetzung schwankenden Rohwassers noch nicht zu feststehenden Grundsätzen geführt haben, so wird es sich nicht umgehen lassen, dass man da, wo solche Wässer in Betracht kommen, zunächst die günstigsten Betriebsbedingungen für eine maximale Leistungsfähigkeit an einer Versuchsanlage ermittelt, ehe man an den Ausbau des Wasserwerkes geht. Es würde sich empfehlen, die Grösse und die Aufstellung einer derartigen Versuchsanlage von vornherein so zu wählen, dass sie sich einer definitiven Anlage später organisch angliedern liesse.

Ueber die Kosten des Schnellfilterverfahrens gegenüber der langsamen Sandfiltration lässt sich auf Grund der bei einer kleinen Versuchsanlage gemachten Beobachtungen kein Urteil abgeben. Es liegt auf der Hand, dass die Aufwendungen für die Anlage und den Betrieb eines Schnellfilterwerkes in hohem Masse von den lokalen Verhältnissen abhängig sind. Im allgemeinen lässt sich jedoch auf Grund der in Amerika gewonnenen Erfahrungen annehmen, dass die Anlage eines Schnellfilterwerkes, insbesondere mit Rücksicht auf den Grunderwerb, mit geringeren Ausgaben verküpft ist, während der Betrieb sich im allgemeinen etwas teuerer stellt.

Alles in allem sind die Ergebnisse meiner Versuche mit dem Jewellfilter in Friedrichshagen als günstig anzusehen. Dass Bitter in Alexandrien teilweise noch bessere Resultate erzielte, ist wohl auf die günstigere Beschaffenheit des dortigen Rohwassers zurückzuführen. Jedenfalls verdient die Schnellfiltration für die Reinigung von Trinkwasser im grossen mehr Beachtung in Deutschland, als ihr bisher zugewendet worden ist.

I.

Generaltabelle.

Beginn der Waschung des Filters: 9 Uhr Vm. und 9 Uhr Nm.
Beginn des Betriebes: 10 Uhr Vm. und 10 Uhr Nm.
Filtrationsgeschwindigkeit: pro Stunde $5^1/_4$ m.
Sedimentationszeit: 1 Stunde 6 Minuten.

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen
12. 4.	8^{57} Vm.	—	—	—	—	56	—	23	10	70,1	—
12. 4.	10^{20} „	170	—	—	—	56	—	23	—	—	—
12. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	56	—	23	—	—	—
12. 4.	11^{20} „	—	—	—	—	55	—	23	—	—	—
12. 4.	1^{00} Nm.	—	—	—	—	55	—	23	—	—	—
12. 4.	2^{30} „	—	—	—	—	60	—	23	—	—	—
12. 4.	8^{55} „	—	—	—	—	47	—	23	—	38	—
13. 4.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	43	—	23	10	45,7	—
13. 4.	10^{20} „	260	—	—	—	56	—	23	—	—	—
13. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	46	—	23	—	—	—
13. 4.	11^{00} „	—	—	—	—	47	—	23	—	—	—
13. 4.	2^{45} Nm.	—	—	—	—	33	—	23	—	—	—
13. 4.	8^{30} „	—	—	—	—	48	—	23	—	16,8	—
14. 4.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	40	—	23	10	57,9	—
14. 4.	10^{20} „	—	—	—	—	76	—	23	—	—	—
14. 4.	10^{30} „	170	—	—	—	60	—	23	—	—	—
14. 4.	11^{00} „	—	—	—	—	52	—	23	—	—	—
14. 4.	12^{00} „	—	—	—	—	30	—	23	—	—	—
14. 4.	2^{30} Nm.	—	—	—	—	40	—	23	—	—	—
14. 4.	7^{45} „	—	—	—	—	21	—	23	—	12,1	—
15. 4.	8^{45} „	—	—	—	—	31	—	23	10	33,5	—
15. 4.	10^{24} „	130	—	—	—	62	—	23	—	—	—
15. 4.	10^{34} „	—	—	—	—	36	—	23	—	—	—
15. 4.	11^{04} „	—	—	—	—	31	—	23	—	—	—
15. 4.	12^{04} Nm.	—	—	—	—	23	—	23	—	—	—
15. 4.	1^{00} „	—	—	—	—	29	—	23	—	—	—
15. 4.	3^{00} „	170	—	—	—	32	—	23	—	—	—
15. 4.	9^{15} „	—	—	—	—	28	—	23	—	1,65	—

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime		Wasser über dem Filter Anzahl der Keime		Reinwasser Anzahl der Keime		Alaunzusatz p. cbm	Dauer der Waschung	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Reinwasser des Wasserwerks
		überhaupt	spezifisch	überhaupt	spezifisch	überhaupt	spezifisch	g	Min.	cm		
16. 4.	8^{57} Vm.	—	—	—	—	20	—	23	10	1.40	—	12
16. 4.	10^{20} „	200	—	—	—	31	—	23	—	—	—	
16. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	39	—	23	—	—	—	—
16. 4.	11^{00} „	—	—	—	—	42	—	23	—	—	—	—
16. 4.	12^{00} „	—	—	—	—	32	—	23	—	—	—	—
16. 4.	3^{05} Nm.	—	—	—	—	52	—	23	—	—	—	—
16. 4.	6^{45} „	—	—	—	—	22	—	23	—	—	—	—
16. 4.	8^{30} „	—	—	—	—	25	—	23	—	27,4	—	—
17. 4.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	20	—	23	10	25,9	—	28
17. 4.	9^{55} „	140	—	—	—	43	—	23	—	—	—	—
17. 4.	10^{05} „	—	—	—	—	39	—	23	—	—	—	—
17. 4.	10^{35} „	—	—	—	—	25	—	23	—	—	—	—
17. 4.	3^{30} Nm.	—	—	—	—	22	—	23	—	—	—	—
17. 4.	8^{00} „	—	—	—	—	24	—	23	—	38	—	—
18. 4.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	22	—	23	10	33,5	—	7
18. 4.	10^{15} „	—	—	140	—	50	—	23	—	—	—	—
18. 4.	10^{25} „	—	—	—	—	56	—	23	—	—	—	—
18. 4.	10^{35} „	—	—	110	—	30	—	23	—	—	—	—
18. 4.	10^{45} „	—	—	—	—	26	—	23	—	—	—	—
18. 4.	10^{55} „	—	—	120	—	27	—	23	—	—	—	—
18. 4.	11^{05} „	—	—	—	—	20	—	23	—	—	—	—
18. 4.	12^{00} „	110	—	—	—	30	—	23	—	—	—	—
18. 4.	4^{00} Nm.	160	—	110	—	24	—	23	—	—	—	—
18. 4.	7^{50} „	—	—	70	—	17	—	23	—	36,8	—	—
19. 4.	8^{38} Vm.	—	—	—	—	21	—	23	10	41,1	—	15
19. 4.	10^{10} „	110	—	90	—	46	—	23	—	—	—	—
19. 4.	10^{20} „	—	—	—	—	38	—	23	—	—	—	—
19. 4.	10^{30} „	—	—	90	—	24	—	23	—	—	—	—
19. 4.	10^{40} „	—	—	—	—	25	—	23	—	—	—	—
19. 4.	10^{50} „	—	—	140	—	26	—	23	—	—	—	—
19. 4.	11^{00} „	—	—	—	—	27	—	23	—	—	—	—
19. 4.	11^{45} „	—	—	150	—	—	—	23	—	—	—	—
19. 4.	12^{00} „	—	—	—	—	16	—	23	—	—	—	—
19. 4.	4^{05} Nm.	200	—	370	—	16	—	23	—	—	—	—
19. 4.	7^{35} „	—	—		—	21	—	23	—	27,4	—	—
20. 4.	8^{45} Vm.	—	—	—	—	27	—	23	10	44,2	Von 12—4 Vm. war bei — 5° C. der Zufluss der schwefelsauren Tonerde unterbrochen.	17
20. 4.	10^{20} „	160	—	—	—	31	—	23	—	—		—
20. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	29	—	23	—	—		—
20. 4.	11^{00} „	—	—	—	—	19	—	23	—	—		—
20. 4.	12^{10} Nm.	—	—	150	—	17	—	23	—	—		—
20. 4.	7^{10} „	—	—	—	—	19	—	23	—	19,8	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Rein-[illegible]
21. 4.	8^{52} Vm.	—	—	—	—	18	—	23	12	14,3	—	13
21. 4.	10^{20} „	260	—	—	—	37	—	23	—	—	—	—
21. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	30	—	23	—	—	—	—
21. 4.	11^{00} „	—	—	200	—	40	—	23	—	—	—	—
21. 4.	4^{00} Nm.	—	—	—	—	31	—	23	—	—	—	—
21. 4.	8^{30} „	—	—	—	—	23	—	23	10	15,2	—	—
22. 4.	8^{30} Vm.	—	—	—	—	23	—	23	10	36,8	—	23
22. 4.	10^{20} „	250	—	—	—	81	—	23	—	—	—	—
22. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	55	—	23	—	—	—	—
22. 4.	11^{00} „	—	—	230	—	34	—	23	—	—	—	—
22. 4.	7^{05} Nm.	230	—	180	—	30	—	23	10	12,1	—	—
23. 4.	8^{55} Vm.	—	—	—	—	21	—	23	10	12,1	—	13
23. 4.	10^{20} „	320	—	—	—	69	—	23	—	—	—	—
23. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	32	—	23	—	—	—	—
23. 4.	11^{00} „	—	—	350	—	30	—	23	—	—	—	—
23. 4.	4^{10} Nm.	240	—	310	—	25	—	23	—	—	—	—
23. 4.	8^{00} „	—	—	—	—	34	—	23	12	22,8	—	—
24. 4.	8^{45} Vm.	—	—	—	—	33	—	25	10	57,9	—	14
24. 4.	10^{20} „	350	—	—	—	47	—	25	—	—	—	—
24. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	45	—	25	—	—	—	—
24. 4.	11^{00} „	—	—	290	—	76	—	25	—	—	—	—
24. 4.	12^{00} „	—	—	—	—	27	—	25	—	—	—	—
24. 4.	4^{00} Nm.	—	—	150	—	23	—	25	—	—	—	—
24. 4.	7^{40} „	—		180	—	25	—	25	10	35,0	—	—
25. 4.	8^{50} Vm.	—	—	320	—	30	—	25	10	25,9	—	13
25. 4.	10^{20} „	300	—	—	—	60	—	25	—	—	—	—
25. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	32	—	25	—	—	—	—
25. 4.	11^{10} „	—	—	—	—	31	—	25	—	—	—	—
25. 4.	4^{40} Nm.	160	—	370	—	28	—	25	—	—	—	—
25. 4.	8^{40} „	—	—	290	—	27	—	25	10	14,3	—	—
26. 4.	8^{50} Vm.	—	—	230	—	30	—	25	10	12,1	—	16
26. 4.	10^{20} „	230	—	—	—	44	—	25	—	—	—	—
26. 4.	10^{30} „	—	—	—	—	21	—	25	—	—	—	—
26. 4.	11^{00} „	—	—	310	—	25	—	25	—	—	—	—
26. 4.	3^{05} Nm.	—	—	—	—	35	—	25	—	—	—	—
26. 4.	8^{20} „	—	—	—	—	31	—	25	10	12,1	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser		Wasser über dem Filter		Reinwasser		Alaunzusatz p. cbm	Dauer der Waschung	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Reinwasser des Wasserwerks
		Anzahl der Keime		Anzahl der Keime		Anzahl der Keime						
		überhaupt	spezifisch	überhaupt	spezifisch	überhaupt	spezifisch	g	Min.	cm		
27. 4.	8^{45} Vm.	—	—	—	—	18	—	25	23	14,3	Von 6^{30} Vm.— 2^{06} Nm.	—
27. 4.	10^{20} "	—	—	—	—	18	—	25	—	—	Anreicherung des	—
27. 4.	11^{00} "	7000	—	—	—	77	—	25	—	—	Rohwassers mit Bac.	—
27. 4.	11^{30} "	7000	—	5200	—	83	—	25	—	—	prodigiosus. Zählung	—
27. 4.	12^{45} Nm.	—	—	5200	—	—	—	25	—	—	der Keime überhaupt.	—
27. 4.	1^{00} "	7000	—	—	—	122	—	25	—	—	Eine besondere Zäh-	—
27. 4.	2^{15} "	—	—	3000	—	—	—	25	—	—	lung der Prodigiosus-	—
27. 4.	2^{30} "	—	—	—	—	91	—	25	—	—	keime wurde nicht	—
27. 4.	5^{00} "	2000	—	1400	—	50	—	25	—	—	vorgenommen.	—
27. 4.	11^{00} "	1000	—	400	—	32	—	25	10	12,1	—	—
28. 4.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	28	—	25	10	14,3	Von 11^{00} Vm.— 9^{00} Nm.	14
28. 4.	10^{20} "	250	—	—	—	84	—	25	—	—	Trübung des Roh-	—
28. 4.	10^{30} "	—	—	—	—	48	—	25	—	—	wassers durch Ton-	—
28. 4.	11^{00} "	—	—	230	—	39	—	25	—	—	aufschwemmung	—
											Durchsichtigkeit i. cm: Rohwasser | Reinw.	
28. 4.	12^{45} Nm.	300	—	—	—	—	—	25	—	—	1,30 Vm. 30,0 | Das Reinwasser bleibt stets klar.	—
28. 4.	2^{00} "	170	—	180	—	—	—	25	—	—	—	—
28. 4.	2^{15} "	370	—	—	—	33	—	25	—	—	— 17,0	—
28. 4.	3^{30} "	260	—	160	—	—	—	25	—	—	—	—
28. 4.	3^{45} "	370	—	—	—	33	—	25	—	—	— 15,5	—
28. 4.	5^{00} "	240	—	220	—	—	—	25	—	—	4,30 Nm. 15,2	—
28. 4.	5^{15} "	340	—	—	—	39	—	25	—	—	— 15,0	—
28. 4.	6^{30} "	180	—	140	—	—	—	25	—	—	—	—
28. 4.	6^{45} "	380	—	—	—	29	—	25	—	—	—	—
28. 4.	8^{00} "	230	—	120	—	—	—	25	—	—	7,30 Nm. 14,5	—
28. 4.	8^{15} "	280	—	—	—	32	—	25	—	—	— 13,2	—
28. 4.	10^{30} "	—	—	120	—	—	—	25	—	—	— 12,8	—
28. 4.	10^{45} "	—	—	—	—	40	—	25	10	100,6		—
29. 4.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	28	—	25	10	62,6	—	—
29. 4.	10^{20} "	240	—	—	—	61	—	25	—	—	—	—
29. 4.	10^{30} "	—	—	—	—	37	—	25	—	—	—	—
29. 4.	11^{00} "	—	—	290	—	36	—	25	—	—	—	—
29. 4.	6^{50} Nm.	—	—	—	—	27	—	25	—	62,5	—	—
30. 4.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	28	—	25	12	47,0	—	—
30. 4.	10^{20} "	150	—	—	—	48	—	25	—	—	—	—
30. 4.	10^{30} "	—	—	220	—	48	—	25	—	—	—	—
30. 4.	11^{00} "	—	—	—	—	48	—	25	—	—	—	—
30. 4.	5^{30} Nm.	—	—	—	—	33	—	25	—	—	—	—
30. 4.	8^{15} "	—	—	—	—	33	—	25	10	54,8	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10 stündigem Betriebe cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Rein-
1. 5.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	42	—	25	—	41,1	—	27
1. 5.	10^{20} „	250	—	—	—	30	—	25	—	—	—	—
1. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	34	—	25	—	—	—	—
1. 5.	11^{00} „	—	—	120		26	—	25	10	—	—	—
1. 5.	6^{30} Nm.	—	—	—	—	20	—	25	—	—	—	—
1. 5.	8^{30} „	—	—	—	—	18	—	25	—	134,4	—	—

Beginn der Waschung des Filters: 9 Uhr Vm. und 9 Uhr Nm.
Beginn des Betriebes: 10 Uhr Vm. und 10 Uhr Nm.
Filtrationsgeschwindigkeit: per Stunde 4 m.
Sedimentationszeit: 1 Stunde 28 Minuten.

Datum	Zeit	Rohwasser überhaupt	Rohwasser spezifisch	Wasser über dem Filter überhaupt	Wasser über dem Filter spezifisch	Reinwasser überhaupt	Reinwasser spezifisch	Alaunzusatz g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Rein-
2. 5.	8^{30} Vm.	—	—	—	—	30	—	25	10	100,6	—	17
2. 5.	10^{20} „	250	—	—	—	54	—	25	—	—	—	—
2. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	42	—	25	—	—	—	—
2. 5.	11^{00} „	—	—	490	—	20	—	25	—	—	—	—
2. 5.	4^{55} Nm.	—	—	—	—	41	—	25	—	—	—	—
2. 5.	8^{40} „	—	—	—	—	30	—	25	10	97,5	—	—
3. 5.	8^{45} Vm.	—	—	—	—	29	—	25	10	129,6	—	20
3. 5.	10^{20} „	320	—	—	—	60	—	25	—	—	—	—
3. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	54	—	25	—	—	—	—
3. 5.	11^{00} „	—	—	240	—	34	—	25	—	—	—	—
3. 5.	12^{25} Nm.	—	—	—	—	40	—	25	—	—	—	—
3. 5.	5^{20} „	—	—	—	—	32	—	25	—	—	—	—
3. 5.	8^{30} „	—	—	—	—	32	—	25	12	111,2	—	—
4. 5.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	23	—	25	10	109,7	—	24
4. 5.	10^{20} „	170	—	—	—	57	—	25	—	—	—	—
4. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	54	—	25	—	—	—	—
4. 5.	11^{00} „	—	—	—	—	24	—	25	—	—	—	—
4. 5.	5^{10} Nm.	—	—	240	—	25	—	25	—	—	—	—
4. 5.	8^{15} „	—	—	—	—	17	—	25	—	120,4	—	—
5. 5.	8^{45} Vm.	—	—	—	—	25	—	25	10	120,4	—	18
5. 5.	10^{20} „	140	—	—	—	55	—	25	—	—	—	—
5. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	37	—	25	—	—	—	—
5. 5.	11^{00} „	—	—	—	—	35	—	25	—	—	—	—
5. 5.	5^{10} Nm.	290	—	200	—	30	—	25	—	—	—	—
5. 5.	6^{45} „	—	—	—	—	22	—	25	—	—	—	—
5. 5.	8^{15} „	—	—	—	—	20	—	25	—	111,2	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Reinwasser des Wasserwerks
6. 5.	8^{45} Vm.	—	—	—	—	19	—	26	10	103,6	—	24
6. 5.	10^{20} „	310	—	—	—	32	—	26	—	—	—	—
6. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	26	—	26	—	—	—	—
6. 5.	11^{00} „	—	—	—	—	25	—	26	—	—	—	—
6. 5.	6^{45} Nm.	310	—	380	—	37	—	26	—	—	—	—
6. 5.	8^{30} „	—	—	—	—	31	—	26	—	100,6	—	—
5.	8^{45} Vm.	—	—	—	—	31	—	26	10	97,5	—	12
5.	10^{20} „	430	—	—	—	75	—	26	—	—	—	—
5.	10^{30} „	—	—	—	—	43	—	26	—	—	—	—
5.	11^{00} „	—	—	190	—	20	—	26	—	—	—	—
5.	12^{30} Nm.	—	—	—	—	25	—	26	—	—	—	—
5.	8^{30} „	—	—	—	—	27	—	26	—	112,8	—	—
5.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	34	—	26	10	97,5	—	—
5.	10^{20} „	400	—	—	—	50	—	26	—	—	—	—
5.	10^{30} „	—	—	—	—	46	—	26	—	—	—	—
5.	11^{00} „	—	—	540	—	35	—	26	—	—	—	—
5.	12^{30} Nm.	—	—	—	—	48	—	26	—	—	—	—
5.	8^{45} „	—	—	—	—	15	—	26	—	67,0	—	—
5.	8^{57} Vm.	—	—	—	—	11	—	26	10	73,1	—	—
5.	10^{20} „	260	—	—	—	60	—	26	—	—	—	—
5.	10^{30} „	—	—	—	—	27	—	26	—	—	—	—
5.	11^{00} „	—	—	170	—	16	—	26	—	—	—	—
5.	3^{15} Nm.	310	—	—	—	19	—	26	—	—	—	—
5.	8^{25} „	—	—		—	13	—	26	12	62,5	—	—
5.	6^{30} Vm.	180	—	210	—	19	—	26	15	53,3	—	—
5.	7^{00} Vm.	205	—	—	—	—	—	26	10	56,4	Von 6^{00} Vm. — 4^{45} Nm. Anreicherung des Rohwassers mit Bac. prodigiosus. Zählung nach 2 mal 24 Stdn.	—
5.	7^{15} „	—	500	—	—	—	—	26	—	—		—
5.	8^{45} „	—	—	—	1800	—	—	26	—	—		—
5.	9^{00} „	—	—	—	—	—	0	26	—	—		—
5.	10^{30} „	—	12000	—	—	—	24	26	—	—		—
5.	11^{00} „	—	—	—	—	30	8	26	—	—	—	—
5.	11^{45} „	—	—	—	2500	—	—	26	—	—	—	—
5.	12^{00} „	—	12000	—	—	16	1	26	—	—	—	—
5.	1^{30} Nm.	—	—	—	3500	—	—	26	—	—	—	—
5.	1^{45} „	—	—	—	—	30	1	26	—	—	—	—
5.	4^{15} „	—	4000	—	—	—	—	26	—	—	—	—
5.	5^{45} „	—	—	—	4150	—	—	26	—	—	—	—
5.	6^{00} „	—	—	—	—	15	1	26	—	—	—	—
5.	7^{00} „	—	—	—	—	12	0	26	—	—	—	—
5.	8^{45} „	—	—	—	—	17	0	26	—	80,7	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser — Anzahl der Keime — überhaupt	Rohwasser — Anzahl der Keime — spezifisch	Wasser über dem Filter — Anzahl der Keime — überhaupt	Wasser über dem Filter — Anzahl der Keime — spezifisch	Reinwasser — Anzahl der Keime — überhaupt	Reinwasser — Anzahl der Keime — spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Rein-
12. 5.	8^{57} Vm.	—	—	—	—	16	—	26	16	71,6	—	
12. 5.	10^{20} „	200	—	—	—	41	2 Prodigiosus Keime	26	—	—	—	
12. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	18	—	26	—	—	—	
12. 5.	11^{00} „	—	—	—	—	12	—	26	—	—	—	
12. 5.	3^{40} Nm.	—	—	—	—	13	—	26	—	—	—	
12. 5.	7^{00} „	—	—	—	—	14	—	26	10	70,1	—	
13. 5.	8^{57} Vm.	—	—	—	—	17	—	26	16	12,1	—	
13. 5.	10^{20} „	230	—	—	—	54	—	26	—	—	—	
13. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	36	—	26	—	—	—	
13. 5.	11^{00} „	—	—	170	—	10	—	26	—	—	—	
13. 5.	5^{10} Nm.	—	—	—	—	15	—	26	—	—	—	
13. 5.	8^{15} „	—	—	—	—	12	—	26	12	27,4	—	
14. 5.	8^{57} Vm.	—	—	—	—	7	—	26	13	50,3	—	
14. 5.	10^{20} „	220	—	—	—	36	—	26	—	—	—	
14. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	23	—	26	—	—	—	
14. 5.	11^{00} „	—	—	210	—	13	—	26	—	—	—	
14. 5.	9^{10} Nm.	—	—	—	—	15	—	26	15	47,0	—	
15. 5.	8^{45} Vm.	—	—	—	—	16	—	26	14	83,8	—	
15. 5.	10^{20} „	390	—	—	—	47	—	26	—	—	—	
15. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	31	—	26	—	—	—	
15. 5.	11^{00} „	—	—	—	—	11	—	26	—	—	—	
15. 5.	5^{50} Nm.	—	—	270	—	24	—	26	—	—	—	
15. 5.	8^{10} „	—	—	—	—	25	—	26	15	24,3	—	
16. 5.	8^{55} Vm.	—	—	—	—	24	—	26	15	100,6	—	
16. 5.	10^{20} „	440	—	—	—	49	—	26	—	—	—	
16. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	29	—	26	—	—	—	
16. 5.	11^{00} „	—	—	225	—	29	—	26	—	—	—	
16. 5.	1^{00} Nm.	—	—	—	—	21	—	26	—	—	—	
16. 5.	4^{00} „	—	—	—	—	24	—	26	—	—	—	
16. 5.	7^{45} „	—	—	—	—	22	—	26	—	56,4	—	
17. 5.	8^{35} Vm.	500	—	—	—	19	—	30	15	71,6	—	
17. 5.	10^{20} „	—	—	—	—	49	—	30	—	—	—	
17. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	30	—	30	—	—	—	
17. 5.	11^{15} „	—	—	480	—	22	—	30	—	—	—	
17. 5.	3^{55} Nm.	—	—	—	—	24	—	30	—	—	—	
17. 5.	8^{00} „	—	—	—	—	17	—	30	—	—	—	

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Reinwasser des Wasserwerks
8. 5.	8^{57} Vm.	—	—	—	—	12	—	30	14	70,1	Von 10^{00} Vm.—4^{45} Nm.	—
8. 5.	11^{00} „	—	—	340	—	18	—	30	—	—	Anreicherung des	—
8. 5.	12^{00} „	—	2000	—	—	—	—	30	—	—	Rohwassers mit Bac.	—
8. 5.	1^{30} Nm.	—	—	—	1150	—	—	30	—	—	prodigiosus. Zählung	—
8. 5.	1^{45} „	—	—	—	—	—	0	30	—	—	nach 24 Stunden	—
8. 5.	4^{00} „	—	6000	—	—	—	—	30	—	—	—	—
8. 5.	5^{30} „	—	—	—	2500	—	—	30	—	—	—	—
8. 5.	5^{45} „	—	—	—	—	—	0	30	—	—	—	—
8. 5.	8^{30} „	—	—	—	—	20	—	30	15	30,4	—	—
5.	8^{55} Vm.	—	—	—	—	16	—	30	15	50,3	—	—
5.	10^{20} „	390	—	—	—	55	—	30	—	—	—	—
5.	10^{30} „	—	—	—	—	34	—	30	—	—	—	—
5.	11^{00} „	—	—	265	—	36	—	30	—	24,3	—	—
5.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	21	—	30	15	27,4	Von 10^{15} Vm.—5^{45} Nm.	—
5.	10^{20} „	420	—	—	—	58	—	30	—	—	Anreicherung des	—
5.	10^{30} „	—	—	—	—	17	—	30	—	—	Rohwassers mit Bac.	—
5.	11^{00} „	—	—	350	—	24	—	30	—	—	prodigiosus. Zählung	—
5.	12^{00} „	—	950	—	—	—	—	30	—	—	nach 6 Tagen	—
5.	1^{30} Nm.	—	—	—	—	—	0	30	—	—	—	—
5.	4^{30} „	—	2000	—	—	—	—	30	—	—	—	—
5.	6^{00} „	—	—	—	2000	—	—	30	—	—	—	—
5.	6^{15} „	—	—	—	—	—	0	30	—	—	—	—
5.	8^{30} „	—	—	—	—	23	—	30	—	11,2	—	—
5.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	14	—	30	15	28,9	—	—
5.	10^{20} „	320	—	—	—	60	—	30	—	—	—	—
5.	10^{30} „	—	—	—	—	25	—	30	—	—	—	—
5.	11^{00} „	—	—	310	—	34	—	30	—	—	—	—
5.	9^{10} Nm.	—	—	—	—	12	—	30	—	92,6	—	—
5.	8^{55} Vm.	—	—	—	—	17	—	30	15	97,5	—	—
5.	10^{20} „	250	—	—	—	74	—	30	—	—	—	—
5.	10^{30} „	—	—	—	—	32	—	30	—	—	—	—
5.	11^{00} „	—	—	310	—	19	—	30	—	—	—	—
5.	5^{30} Nm.	—	—	—	—	23	—	30	—	64,3	—	—
5.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	11	—	30	15	80,7	—	—
5.	10^{20} „	190	—	—	—	39	—	30	—	—	—	—
5.	10^{30} „	—	—	—	—	24	—	30	—	—	—	—
5.	11^{00} „	—	—	280	—	21	—	30	—	—	—	—
5.	8^{30} Vm.	—	—	—	—	7	—	30	—	50,3	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen
24. 5.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	20	—	30	15	59,4	—
24. 5.	10^{20} „	370	—	—	—	49	—	30	—	—	—
24. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	40	—	30	—	—	—
24. 5.	11^{00} „	—	—	300	—	33	—	30	—	—	—
24. 5.	8^{45} Nm.	—	—	—	—	14	—	30	—	67,6	—
25. 5.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	18	—	30	15	88,4	—
25. 5.	10^{20} „	310	—	—	—	29	—	30	—	—	—
25. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	31	—	30	—	—	—
25. 5.	11^{00} „	—	—	230	—	18	—	30	—	—	—
25. 5.	7^{10} Nm.	—	—	—	—	11	—	30	—	—	—
25. 5.	8^{55} „	—	—	—	—	10	—	30	—	51,8	—
26. 5.	8^{40} Vm.	—	—	—	—	32	—	30	10	83,8	Von 10^{00} Vm.—5^{45} Nm.
26. 5.	10^{20} „	380	—	—	—	38	—	30	—	—	Anreicherung des
26. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	41	—	30	—	—	Rohwassers mit Bac.
26. 5.	11^{00} „	—	—	230	—	22	—	30	—	—	prodigiosus. Zählung
26. 5.	11^{30} „	—	a 4000 k 5000	—	—	—	—	30	—	—	nach 6 Tagen: a: Stärkeagar
26. 5.	1^{00} Nm.	—	—	a 360 k 4000	—	—	—	30	—	—	k: Bouillonkartoffeln
26. 5.	1^{15} „	—	—	—	—	35	a 0 k 0	30	—	—	—
26. 5.	2^{00} „	—	a 2000 k 4000	—	—	—	—	30	—	—	—
26. 5.	3^{30} „	—	—	—	a 1000 k 9000	—	—	30	—	—	—
26. 5.	3^{45} „	—	—	—	—	29	a 0 k 0	30	—	—	—
26. 5.	8^{40} „	—	—	—	—	20	a 0	30	12	71,6	—
27. 5.	8^{45} Vm.	—	—	—	—	22	—	36	10	74,7	Versuch mit Bac.
27. 5.	10^{00} „	395	—	—	—	—	—	36	—	—	prodigiosus wie am
27. 5.	10^{20} „	—	—	—	—	34	—	36	—	—	26. 5.
27. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	23	—	36	—	—	—
27. 5.	11^{00} „	—	—	380	—	15	—	36	—	—	—
27. 5.	11^{30} „	—	a 500 k 1000	—	—	—	—	36	—	—	—
27. 5.	1^{00} Nm.	—	—	—	a 1400 k 1000	—	—	36	—	—	—
27. 5.	1^{15} „	—	—	—	—	—	a 0 k 0	36	—	—	—
27. 5.	7^{30} „	—	a 1000	—	—	—	—	36	—	—	—
27. 5.	8^{45} „	—	—	—	a 500	—	—	36	—	—	—
27. 5.	9^{00} „	—	—	—	—	10	0	36	15	67,0	—

Datum	Zeit	Rohwasser		Wasser über dem Filter		Reinwasser		Alaunzusatz p. cbm	Dauer der Waschung	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Reinwasser des Wasserwerks
		Anzahl der Keime		Anzahl der Keime		Anzahl der Keime						
		überhaupt	spezifisch	überhaupt	spezifisch	überhaupt	spezifisch	g	Min.	cm		
28. 5.	8^{59} Vm.	—	—	—	—	6	—	36	15	74,7	—	—
28. 5.	10^{20} „	200	—	—	—	43	—	36	—	—	—	—
28. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	16	—	36	—	—	—	—
28. 5.	11^{00} „	—	—	290	—	8	—	36	—	—	—	—
28. 5.	7^{30} Nm.	—	—	—	—	16	—	36	—	91,4	—	—
29. 5.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	20	—	36	13	89,9	—	—
29. 5.	10^{20} „	—	—	—	—	23	1 Prodigios.	36	—	—	—	—
29. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	30	—	36	—	—	—	—
29. 5.	11^{00} „	—	—	—	—	8	—	36	—	—	—	—
30. 5.	4^{00} Nm.	—	a 5000 k 5000	—	—	—	—	38	15	—	Von 2^{00} Vm. — 6^{00} Nm. Versuch mit Bac. prodigiosus wie am 26. 5.	—
30. 5.	5^{45} „	—	—	—	—	27	a 0 k 0	38	—	56,4		—
31. 5.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	22	—	38	15	82,3	—	—
31. 5.	10^{20} „	680	—	—	—	39	—	38	—	—	—	—
31. 5.	10^{30} „	—	—	—	—	23	—	38	—	—	—	—
31. 5.	11^{00} „	—	—	390	—	41	—	38	—	—	—	—
31. 5.	9^{00} Nm.	—	—	—	—	35	—	38	—	115,8	—	—
1. 6.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	30	—	40	15	100,6	—	—
1. 6.	10^{20} „	600	—	—	—	78	—	40	—	—	—	—
1. 6.	10^{30} „	—	—	—	—	52	—	40	—	—	—	—
1. 6.	11^{00} „	—	—	400	—	35	—	40	—	—	—	—
1. 6.	4^{45} Nm.	—	—	—	—	20	—	40	—	—	—	—
1. 6.	8^{05} „	—	—	—	—	19	—	40	—	64.3	—	—
2. 6.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	25	—	40	12	82,3	Anreicherung d. Rohwassers mit Bacterium coli;	—
2. 6.	10^{20} „	540	—	—	—	41	—	40	—	—		—
2. 6.	10^{30} „	—	—	—	—	42	—	40	—	—		—
2. 6.	11^{00} „	—	—	400	—	26	—	40	—	—	g : Gelatine	—
2. 6.	11^{30} „	800	—	—	—	—	—	40	—	—	b : Bouillon	—
2. 6.	1^{00} Nm.	—	b 10*	—	—	9	0	40	—	—	* ohne Anreicherung	—
2. 6.	3^{22} „	—	g 2200 b 7000	—	—	—	—	40		—	—	—
2. 6.	5^{00} „	—	—	—	—	21	g 2 b 20	40 40	—	—	—	—
2. 6.	7^{30} „	—	g 8000	—	—	—	—	40	—	—	—	—
2. 6.	9^{00} „	—	—	—	g 3900	—	—	40	—	—	—	—
2. 6.	9^{15} „	—	—	—	—	36	g 3	40	25	86,5	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser — Anzahl der Keime — überhaupt	Rohwasser — Anzahl der Keime — spezifisch	Wasser über dem Filter — Anzahl der Keime — überhaupt	Wasser über dem Filter — Anzahl der Keime — spezifisch	Reinwasser — Anzahl der Keime — überhaupt	Reinwasser — Anzahl der Keime — spezifisch	Alaunzusatz p. cbm (g)	Dauer der Waschung (Min.)	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe (cm)	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Reinwasser des Wasserwerks
3. 6.	8^{58} Vm.	550	—	—	—	19	—	43	15	78,0	—	—
3. 6	10^{10} „	650	—	200	—	51	—	43	—	—	—	—
3. 6.	10^{20} „	—	—	—	—	34	—	43	—	—	—	—
3. 6.	10^{30} „	—	—	150	—	37	—	43	—	—	—	27
3. 6.	10^{40} „	—	—	—	—	19	—	43	—	—	—	—
3. 6.	10^{50} „	—	—	135	—	20	—	43	—	—	—	—
3. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	8	—	43	—	—	—	—
3. 6.	12^{00} „	—	—	—	—	9	—	43	—	—	—	—
3. 6.	4^{30} Nm.	375	—	285	—	13	—	43	—	—	—	—
3. 6.	7^{40} „	360	—	220	—	—	—	43	—	—	—	—
3. 6.	7^{55} „	—	—	—	—	10	—	43	12	71,6	—	—
4. 6.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	12	—	43	15	50,3	—	—
4. 6.	10^{20} „	380	—	—	—	17	—	43	—	—	—	—
4. 6.	10^{30} „	—	—	—	—	15	—	43	—	—	—	—
4. 6.	10^{45} „	—	—	285	—	—	—	43	—	—	—	—
4. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	11	—	43	—	—	—	—
4. 6.	9^{00} Nm.	—	—	—	—	6	—	43	—	38,0	—	—
5. 6.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	19	—	43	15	36,8	Von 11^{00} Vm.—9^{00} Nm.	—
5. 6.	10^{20} „	500	—	—	—	63	—	43	—	—	Anreicherung mit	—
5. 6.	10^{30} „	—	—	—	—	27	—	43	—	—	Bakteriengemischen	—
5. 6.	10^{45} „	—	—	390	—	—	—	43	—	—	—	—
5. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	28	—	43	—	—	—	—
5. 6.	3^{15} Nm.	2000	—	—	—	10	—	43	—	—	—	—
5. 6.	4^{45} „	—	—	400	—	—	—	43	—	—	—	—
5. 6.	5^{00} „	—	—	—	—	12	—	43	—	—	—	—
5. 6.	6^{00} „	1000	—	—	—	15	—	43	—	—	—	—
5. 6.	7^{00} „	—	—	—	—	16	—	43	—	—	—	—
5. 6.	8^{45} „	—	—	—	—	8	—	43	20	32,0	—	—
6. 6.	—	—	—	—	—	—	—	43	—	9,14 33,5	—	—
7. 6.	7^{30} Vm.	—	g 6000 b 6000	—	—	—	—	43	15	33,5	Von 5^{00} Vm.— Nm. Anreicherung mit	26
7. 6.	8^{30} „	—	—	—	—	—	b 10	43	—	—	Bac. coli;	—
7. 6.	8^{45} „	—	—	—	g 3000 b 4000	—	—	43	—	—	g: Gelatine b: Bouillon	—
7. 6.	8^{58} „	—	—	—	—	15	g 1 b 6	43	—	—	—	—
7. 6.	11^{00} „	—	g 8400 b 8000	—	—	22	b 4	43	—	—	—	—
7. 6.	12^{30} Nm.	—	—	—	g 2000 b 800	—	—	43	—	—	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Reinwasser des Wasserwerks
7. 6.	12^{45} Nm.	—	—	—	—	42	b 2	43	—	—	—	—
7. 6.	5^{30} „	—	—	—	—	22	—	43	—	—	—	—
7. 6.	6^{30} „	—	—	—	—	23	—	43	—	—	—	—
7. 6.	8^{30} „	—	—	—	—	20	—	43	20	57,9	—	—
8. 6.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	33	—	43	25	41,1	Von 10^{00} Vm.—5^{45} Nm. Anreicherung mit Bac. prodigiosus wie am 26. 5. * Zählung nach 48 Stunden	—
8. 6.	10^{00} „	850	—	—	—	—	—	43	—	—		—
8. 6.	12^{00} „	—	g 4500 g 1000* b 6000	—	—	—	—	43	—	—		—
8. 6.	1^{00} Nm.	—	—	—	—	47	—	43	—	—	—	—
8. 6.	1^{30} „	—	—	—	g 3400 g 1000* b 800	—	—	43	—	—	—	—
8. 6.	1^{45} „	—	—	—	—	41	g 4 g 0* b 0	43	—	—	—	—
8. 6.	2^{45} „	—	—	—	—	50	—	43	—	—	—	—
8. 6.	6^{30} „	—	g 7300 g 1000* b 8000	—	—	—	—	43	—	—	—	—
8. 6.	7^{45} „	—	—	—	g 6000 g 2200*	—	—	43	—	—	—	—
8. 6.	8^{00} „	—	—	—	—	37	g 0 g 0* b 0	43	—	—	—	—
8. 6.	9^{00} „	—	—	—	—	34	0	43	20	45,7	—	—
9. 6.	—	—	—	—	—	—	—	43	—	50,3 61,5	—	—
10. 6.	7^{15} Vm.	54000	—	—	—	—	—	43	15	70,1	Von 5^{00} Vm. — 1^{00} Nm. Anreicherung des Rohwassers mit Bakteriengemischen	—
10. 6.	8^{45} „	—	—	11000	—	—	—	43	—	—		—
10. 6.	8^{58} „	—	—	—	—	64	—	43	—	—		—
10. 6.	11^{15} „	24000	—	—	—	48	—	43	—	—		—
10. 6.	12^{00} „	—	—	—	—	58	—	43	—	—	—	—
10. 6.	12^{45} Nm.	—	—	16000	—	—	—	43	—	—	—	—
10. 6.	1^{00} „	—	—	—	—	107	—	43	—	—	—	—
10. 6.	6^{30} „	—	—	—	—	124	—	43	—	—	—	—
11. 6.	10^{20} Vm.	360	—	—	—	48	—	43	30	30,4	—	—
11. 6.	10^{30} „	—	—	—	—	37	—	43	—	—	—	—
11. 6.	10^{45} „	—	—	370	—	—	—	43	—	—	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Reinwasser des Wasserwerks
11. 6.	11^{00} Vm.	—	—	—	—	19	—	43	—	—	—	—
11. 6.	6^{30} Nm.	—	—	—	—	15	—	43	25	42,6	—	—
12. 6.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	11	—	43	25	61,5	—	—
12. 6.	10^{20} „	430	—	—	—	17	—	43	—	—	—	—
12. 6.	10^{30} „	—	—	—	—	15	—	43	—	—	—	—
12. 6.	10^{45} „	—	—	385	—	—	—	43	—	—	—	—
12. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	9	—	43	—	—	—	—
12. 6.	5^{45} Nm.	—	—	—	—	16	—	43	—	42,6	—	—
13. 6.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	12	—	43	25	33,5	Von 5^{00} Vm. — 6^{00} Nm. Anreicherung des Rohwassers mit Bakteriengemischen	—
13. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	22	—	43	—	—		—
13. 6.	12^{00} „	—	—	—	—	19	—	43	—	—		—
13. 6.	12^{30} Nm.	4500	—	—	—	25	—	43	—	—		—
13. 6.	2^{15} „	—	—	—	—	137	—	43	—	—	—	—
13. 6.	3^{15} „	4000	—	—	—	—	—	43	—	—	—	—
13. 6.	3^{30} „	—	—	—	—	266	—	43	—	—	—	—
13. 6.	5^{00} „	—	—	—	—	355	—	43	—	—	—	—
13. 6.	6^{00} „	—	—	—	—	401	—	43	—	—	—	—
13. 6.	8^{35} „	—	—	—	—	620	—	43	20	35,0	—	—
13. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	600	—	43	—	—	—	—
13. 6.	11^{50} „	—	—	—	—	470	—	43	—	—	—	—
14. 6.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	34	—	43	25	13,7	—	51
14. 6.	10^{20} „	420	—	—	—	60	—	43	—	—	—	—
14. 6.	10^{30} „	—	—	—	—	50	—	43	—	—	—	—
14. 6.	10^{45} „	—	—	455	—	—	—	43	—	—	—	—
14. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	32	—	43	—	—	—	—
14. 6.	7^{30} Nm.	—	—	—	—	20	—	43	—	9,14	—	—
15. 6.	8^{30} Vm.	—	—	—	—	9	—	43	30	7,6	Untersuchung des Filtersandes	36
15. 6.	9^{00} „	—	—	—	—	—	—	43	—	—	Reinigung eines Bottiches	—
15. 6.	12^{00} „	—	—	—	—	—	—	43	—	—		—
15. 6.	1^{15} Nm.	—	—	—	—	—	—	43	10	—	—	—
15. 6.	6^{00} „	—	—	—	—	12	—	43	—	—	—	—
15. 6.	7^{30} „	—	—	—	—	9	—	43	30	—	—	—
16. 6.	7^{15} Vm.	2000	—	—	—	15	—	43	30	7,6	Von 5^{00} Vm. — 1^{00} Nm. Anreicherung des Rohwassers mit Bakteriengemischen und Trübung durch Tonaufschwemmung	21
16. 6.	8^{15} „	—	—	710	—	73	—	43	—	—		—

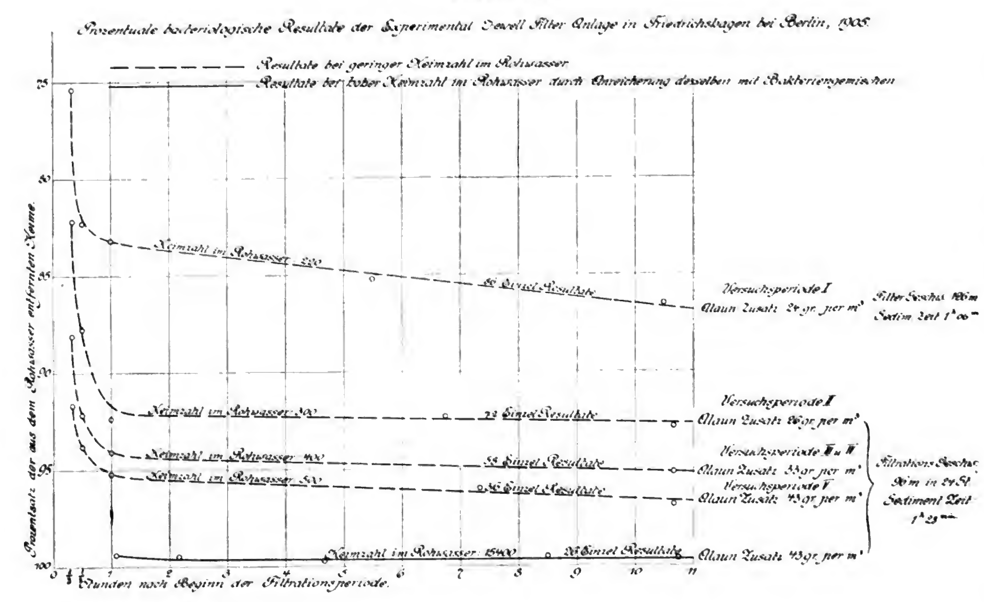
Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Reinwasser des Wasserwerks
											Durchsichtigkeit i. cm — Rohwasser / Reinw.	
16. 6.	11^{15} Vm.	—	—	—	—	75	—	43	—	—	10^{00} Vm. 16,0 / Klar	—
16. 6.	12^{15} Nm.	13500	—	—	—	—	—	43	—	—	— / —	—
16. 6.	1^{45} „	—	—	900	—	—	—	43	—	—	12^{30} Nm. 12,5 / Klar	—
16. 6.	2^{00} „	—	—	—	—	93	—	43	—	—	3^{15} Nm. 13,0 / Klar	—
16. 6.	4^{15} „	—	—	—	—	160	—	43	—	—	—	—
16. 6.	7^{00} „	—	—	—	—	186	—	43	—	—	—	—
16. 6.	7^{45} „	—	—	—	—	225	—	43	35	70,1	—	—
17. 6.	8^{38} Vm.	—	—	—	—	18	—	43	30	53,3	—	30
17. 6.	10^{20} „	575	—	—	—	39	—	43	—	—	—	—
17. 6.	10^{30} „	—	—	—	—	25	—	43	—	—	—	—
17. 6.	10^{45} „	—	—	295	—	—	—	43	—	—	—	—
17. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	25	—	43	—	—	—	—
17. 6.	5^{00} Nm.	—	—	—	—	17	—	43	—	—	—	—
17. 6.	7^{30} „	—	—	—	—	15	—	43	—	56,4	—	—
18. 6.	8^{38} Vm.	—	—	—	—	16	—	43	25	30,4	Von 10^{00} Vm. — 6^{00} Nm.	—
18. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	15	—	43	—	—	Anreicherung des	—
18. 6.	12^{00} „	3300	—	—	—	13	—	43	—	—	Rohwassers mit Bak-	—
18. 6.	1^{45} Nm.	—	—	—	—	24	—	43	—	—	teriengemischen	—
18. 6.	3^{00} „	—	—	—	—	29	—	43	—	—	—	—
18. 6.	5^{30} „	15000	—	—	—	55	—	43	—	—	—	—
18. 6.	7^{15} „	—	—	—	—	43	—	43	—	—	—	—
18. 6.	7^{45} „	—	—	—	—	51	—	43	—	67,6	—	—
19. 6.	8^{50} Vm.	—	—	—	—	14	—	43	20	56,4	Von 10^{00} Vm. — 6^{00} Nm.	—
19. 6.	11^{00} „	5500	—	—	—	31	—	43	—	—	Anreicherung des	—
19. 6.	12^{00} „	5000	—	—	—	28	—	43	—	—	Rohwassers mit Bak-	—
19. 6.	1^{45} Nm.	—	—	—	—	43	—	43	—	—	teriengemischen	—
19. 6.	3^{15} „	29000	—	—	—	40	—	43	—	—	—	—
19. 6.	5^{00} „	—	—	—	—	62	—	43	—	—	—	—
19. 6.	6^{00} „	—	—	—	—	64	—	43	—	—	—	—
19. 6.	8^{30} „	—	—	—	—	45	—	43	25	65,5	—	—
20. 6.	7^{15} Vm.	—	b 600	—	—	14	—	43	—	44,2	Von 5^{00} Vm. — 2^{00} Nm.	—
20. 6.	8^{15} „	—	—	—	—	15	b 1	43	—	—	Anreicherung des	—
20. 6.	8^{58} „	—	—	—	—	18	b 4	43	—	—	Rohwassers mit Vi-	—
20. 6.	11^{00} „	g 2000	b 800	—	—	22	—	43	—	—	brio Dunbar;	—
20. 6.	12^{45} Nm.	—	—	—	—	25	b 1	43	—	—	b: Bouillon	—
20. 6.	3^{15} „	—	b 20000	—	—	31	—	43	—	—	g: Gelatine	—
20. 6.	5^{00} „	—	—	—	—	33	b 9	43	—	—	—	—
20. 6.	6^{45} „	—	—	—	—	28	—	43	—	9,14	—	—

Datum	Zeit	Rohwasser Anzahl der Keime überhaupt	Rohwasser Anzahl der Keime spezifisch	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime überhaupt	Wasser über dem Filter Anzahl der Keime spezifisch	Reinwasser Anzahl der Keime überhaupt	Reinwasser Anzahl der Keime spezifisch	Alaunzusatz p. cbm g	Dauer der Waschung Min.	Filterdruck nach 10stündigem Betriebe cm	Bemerkungen	Anzahl der Keime im Rein-
21. 6.	8^{58} Vm.	—	—	—	—	31	—	43	30	27,4	—	—
21. 6.	10^{20} „	705	—	—	—	37	—	43	—	—	—	—
21. 6.	10^{30} „	—	—	—	—	55	—	43	—	—	—	—
21. 6.	10^{45} „	—	—	715	—	—	—	43	—	—	—	—
21. 6.	11^{00} „	—	—	—	—	60	—	43	—	—	—	—
21. 6.	5^{00} Nm.	—	—	—	—	38	—	43	—	—	—	—
21. 6.	9^{00} „	—	—	—	—	43	—	43	—	70,1	Von 10^{00} Nm. am 21. 6. bis 9 Nm. am 22. 6. Anreicherung des Rohwassers mit Bakteriengemischen	—
22. 6.	7^{30} Vm.	17000	—	—	—	—	—	43	25	80,7	—	—
22. 6.	8^{58} „	—	—	—	—	132	—	43	—	—	—	—
22. 6.	11^{00} „	12000	—	—	—	125	—	43	—	—	—	—
22. 6.	12^{45} Nm.	—	—	—	—	83	—	43	—	—	—	—
22. 6.	3^{30} „	11000	—	—	—	88	—	43	—	—	—	—
22. 6.	5^{30} „	—	—	—	—	76	—	43	—	—	—	—
22. 6.	8^{50} „	—	—	—	—	94	—	43	30	53,3	—	—
23. 6.	11^{00} Vm.	—	—	—	—	112	—	43	—	70,1	—	—
23. 6.	12^{15} Nm.	20000	—	—	—	118	—	43	—	—	—	—
23. 6.	2^{00} „	—	—	—	—	107	—	43	—	—	—	—
23. 6.	6^{00} „	36000	—	—	—	230	—	43	—	—	—	—
23. 6.	7^{45} „	—	—	—	—	288	—	43	25	83,8	—	—

Tabelle II. Keimzahlen des Roh- und Reinwassers von 30 Min. nach Beginn des Betriebes bis zur Waschung.

Versuchsperiode	Dauer der Versuchsperiode	Sedimentations-Zeit	Filtrationsgeschwindigkeit pro Stunde m	Zusatz von schwefelsaurer Tonerde pro cbm in g	Anzahl der Resultate	Anzahl der Keime im Rohwasser	Anzahl der Keime im Reinwasser	Reduktion in %
I.	12. April bis 1. Mai	1 Std. 06 Min.	5,25	24	92	213	32	85,0
II.	2. Mai bis 16. Mai	1 Std. 28 Min.	4,00	26	55	289	25	91,3
III.	17. Mai bis 26. Mai	1 Std. 28 Min.	4,00	30	25	348	23	93,4
IV.	27. Mai bis 2. Juni	1 Std. 28 Min.	4,00	38	12	509	24	95,3
V.	2. Juni bis 17. Juni	1 Std. 28 Min.	4,00	43	31	482	22	95,4
Bei angereichertem Rohwasser.								
—	—	1 Std. 28 Min.	4,00	43	26	15080	63	99,6

Tabelle III.



Procentuale bakteriologische Resultate der Experimental Jewell Filter Anlage in Friedrichshagen bei Berlin, 1905.
Resultate bei geringer Keimzahl im Rohwasser
Resultate bei hoher Keimzahl im Rohwasser durch Anreicherung desselben mit Bakteriengemischen
Procentsatz der aus dem Rohwasser entfernten Keime.
Stunden nach Beginn der Filtrationsperiode.
75
80
85
90
95
100
Versuchsperiode I
Versuchsperiode II
Versuchsperiode V
Keimzahl im Rohwasser
Einzel Resultate

Tabelle IV. Analysen de

Reaktion des Roh- und Reinwassers: schwach alkalisch

No. der Analyse		Tag der Entnahme	Aeussere Beschaffenheit						Bodensatz		Analyse: In 1 Lite							
			Klarheit		Farbe		Geruch				Abdampfrückstand		Chlor		Ammoniak (NH_3)		Salpetersäure (N_2O_5)	
R [1]	F [2]		R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1106	1109	25. 10. 1904	klar		farblos		geruchlos		gering feinflockig	fehlt	271	264	44	46	0	Spuren	0	0
1147	1148	8. 11. 1904	opaleszierend	klar	farblos		geruchlos		Spuren	fehlt	262	260	43	42	Spuren	0	0	0
	1149 [3]		—	klar	—	farblos	—	geruchlos	—	fehlt	—	261	—	43	—	0	—	0
556	559	16. 5. 1905	schwach opaleszierend	klar	ganz schwach gelblich	farblos	schwach moorig	geruchlos	reichliche Mengen brauner Flocken	fehlt	222	264	32	28	0	0	0	0
694	695	9. 6. 1905	schwach opaleszierend	klar	farblos		schwach moorig	geruchlos	gering braun flockig	fehlt	216	231	28	28	Spuren	Spuren	0	0
									Durchschnitt:		243	255	—	—	—	—	—	—

Anmerkungen: 1) R = Rohwasser.
2) F = Filtrat = Reinwasser.
3) Probe des Reinwassers aus dem städtischen Wasserwerk in Friedrichshagen.

Roh- und Reinwassers.

Schwefelsaure Tonerde ist im Reinwasser niemals nachgewiesen.

...ind enthalten mg:										Härte in deutschen Graden						Verbrauch von Kaliumpermanganat im mg pro 1 Liter		Zusatz von schwefelsaurer Tonerde pro cbm in g.
Salpetrige Säure (N_2O_3)		Eisen (Fe_2O_3)		Kalk (CaO)		Magnesia (MgO)		Schwefelsäure (SO_3)		Gesamt		Temporäre		Permanente				
R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	R	F	
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38
Spuren	Spuren	0,3	0,1	83	82	14	12	20	28	10,3	9,9	6,5	6,2	3,8	3,7	19	15	22
Spuren	Spuren	0,4	0,15	77	81	12	12	21	28	9,4	9,8	6,6	6,2	2,8	3,6	20	14	22
—	0	—	0,1	—	86	—	13	—	19	—	10,4	—	—	—	3,7	—	14	—
0	0	0,15	0,1	56	55	10	9	26	42	7,0	6,8	4,8	3,9	2,2	2,9	27	16	26
0	0	0,4	0,2	61	55	14	12	27	48	8,1	7,2	5,2	4,4	2,9	2,8	27	17	43
—	—	0,31	0,14	69	68	12	12	26	37	8,7	8,4	5,8	5,2	2,9	3,3	23,3	15,5	28

Tabelle V. Analysen des Schlammes aus den Sedimentierbottichen,
entnommen am 2. Dezember 1904.

No. der Analyse	Bezeichnung der Probe	Abdampfrückstand 1 Liter enthält mg:			Eisen FeO_3	Aluminium Al_2O_3
		Gesamt	Glühverlust	Glührückstand		
1312	Wandbesatz des Bottichs I.	6830	3693	3137	234,2	1351
1313	Wandbesatz des Bottichs II.	15060	8363	6697	524,8	2758
1314	Sediment des Bottichs I.	18487	7714	10773	716,8	5119
1315	Sediment des Bottichs II.	31071	14222	16849	1640,4	6184

No. der Analyse	Zeit der Entnahme	chemisch					bakteriologisch	mikroskopisch-biologisch		
		Tiefe der chem. u. bakt. Probe-entnahme	100 g erhielten		100 g Trockensubstanz enthielten		Anzahl der Keime in 1 g feuchtem Sande	Tiefe der biologischen Probe-entnahme	anorganische Bestandteile	organische Bestandteile
			Wasser g	Trockensubstanz g	organische Substanz g	anorgan. Substanz g				
734	vor der Waschung	Schlammdecke	27,46	72,54	0,61	99,39	1 400 000	Schlammdecke	Viel Tonerdehydrat	Zahlreiche Planktonorganismen, Melosira granulata, Diatoma elongata, Anabaena speroides etc.
	vor der Waschung	2 cm unter der Oberfläche	—	—	—	—	3 000 000	2—10 cm unter der Oberfläche	Wenig Tonerdehydrat	Wenige Planktonorganismen, z. T. wohl nicht mehr lebensfrisch.
735	vor der Waschung	40 cm unter der Oberfläche	7,45	92,55	0,17	99,83	11 000	30—40 cm unter der Oberfläche	Tonerdehydrat noch deutlich festzustellen	Wenige Planktonorganismen, z. T. nicht mehr lebensfrisch. Keine Nematoden.
736	vor der Waschung	70 cm unter der Oberfläche	4,43	95.57	0,19	99,81	4 000	60—70 cm unter der Oberfläche	Keinen nennenswerten Tonerdehydratschleim	Sehr wenige Planktonorganismen, z. B. Melosira granulata, Anabaena speroides, nichts Bewegliches; keine Nematoden.
	nach der Waschung	2 cm unter der Oberfläche	—	—	—	—	10 000	2—10 cm unter der Oberfläche		Wenige Fäden von Melosira granulata.
737	nach der Waschung	40 cm unter der Oberfläche	9,65	90,35	0,16	99,84	1 000	30—40 cm unter der Oberfläche	Spuren von Tonerdehydrat	Sehr wenige Fäden von Melosira granulata.
	nach der Waschung	60 cm unter der Oberfläche	—	—	—	—	1 000	60—70 cm unter der Oberfläche		Fast gar keine Fäden von Melosira granulata.

Tabelle VII. Analysen des Wassers bei dem Versuc[h]

No. der Analyse	Bezeichnung der Probe	Zeit der Entnahme		Aeussere Beschaffenheit			Bodensatz	Analys[e] Abdampfrückstand	
		Tag	Stunde	Klarheit	Farbe	Geruch		Gesamt	Glühverlus[t]
1221	Rohwasser mit Torfauszug versetzt	24. XI. 1904	12^{15}	stark opalescierend	gelblich 1)	schwach moorig	Spuren	248	43
1222	Sedimentierbottich	24. XI. 1904	4^{20}	stark opalescierend	schwach gelblich	geruchlos	ziemlich 2) bedeutend fein grauflockig	263	45
1223	Ueber dem Filter	24. XI. 1904	6^{30}	stark opalescierend	schwach gelblich	geruchlos	ziemlich 2) bedeutend fein grauflockig	272	60
1224	Unter dem Filter (Reinwasser)	24. XI. 1904	6^{30}	klar	farblos	geruchlos	fehlt	249	50

Anmerkung: 1) Farbgrade um 12^{43} Nm: 75
" " 1^{18} " 75
" " 1^{40} " 56
" " 2^{15} " 65

2) Da keine Mischproben entnommen wurden, um den Betrieb nicht zu stören, sind die Bestimmungen der Menge der suspendierten Bestandteile ungenau.

mit Zusatz von Torfauszug am 24. November 1904.

In 1 Liter sind enthalten mg								Härte Deutsche Grade		Verbrauch von Kalium permanganat in mg pro 1 Liter	Al_2O_3 mg
Chlor	Ammoniak (NH_3)	Salpeter-Säure (N_2O_5)	Salpetrige Säure (N_2O_3)	Eisen (Fe_2O_3)	Kalk (CaO)	Magnesia (MgO)	Schwefel-Säure (SO_3)	Gesamte	Permanente		
39	Spuren	0	Spuren	0,3	80	10	26	9,4	3,0	41	0
39	Spuren	0	Spuren	0,3	78	10	55	9,2	3,7	42	15[2])
41	Spuren	0	Spuren	0,15	77	11	52	9,2	3,8	42	15[2])
40	Spuren	0	vorhanden	0,1	77	10	46	9,1	3,9	24	nicht nachweisbar

7.

Indikatoren für die Beurteilung biologisch gereinigter Abwässer.

Von

Prof. Dr. **Spitta**, Wissenschaftlichem Mitgliede und Dr. **Weldert**, Wissenschaftlichem Hülfsarbeiter
der Kgl. Prüfungsanstalt für Wasserversorgung und Abwässerbeseitigung.

So wichtig es für die Praxis ist, einfache Kriterien für die Reinheit eines Wassers zu haben, so wenig haben alle dahin gehenden Bestrebungen bisher ein völlig befriedigendes Resultat gezeitigt, da der Begriff der Reinheit eines Wassers dehnbar, qualitativ im einzelnen Falle oft schwer und allgemein wohl überhaupt nicht festzulegen ist. Mit Recht hat man sich daher daran gewöhnt, zur Beurteilung des Reinheitsgrades eines Wassers in der Regel eine ganze Reihe von Momenten heranzuziehen und aus dem Gesamtbilde, das die zusammengehaltenen Befunde ergaben, ein für den Einzelfall zutreffendes Urteil sich zu bilden.

Am relativ einfachsten liegt die Sache noch bei den durch das biologische Verfahren gereinigten Abwässern. Hier stellt man bekanntlich gewöhnlich die Forderung auf, dass eine gute biologische Reinigungsanlage ein Wasser liefern müsse, welches bei längerer Aufbewahrung in geschlossener Flasche bei Zimmertemperatur der stinkenden Fäulnis nicht mehr verfällt.

Diese einfache Prüfungsmethode ist sicherlich sehr wertvoll. Sie genügt aber aus verschiedenen Gründen doch nicht völlig.

Einmal ist der Geruch ein recht trügerischer Sinn, und wenn auch ein ausgesprochener Schwefelwasserstoffgeruch wohl von einem jeden wahrgenommen werden wird, so werden geringe Spuren dieses Gases doch häufig nicht mehr erkannt, oder bei dem Auftreten von Mischungen von Gerüchen wird das Urteil schwankend. Ein fernerer Uebelstand ist der, dass bei jedesmaliger Prüfung die Flaschen ge-

schüttelt und geöffnet werden müssen. Dadurch kann eine künstliche Durchlüftung des Wassers entstehen und der Eintritt der Fäulnis hintangehalten oder gar gänzlich verhindert werden. Man kann sich zwar darauf beschränken, durch Einhängen eines Bleipapieres in die mit der Faulprobe gefüllte Flasche den Schwefelwasserstoff nachzuweisen, indessen ist diese Methode nicht fein genug. Sie wird durch die Geruchsprobe immerhin oft noch an Schärfe übertroffen. Auch können andere stinkende Fäulnisprodukte auftreten, welche das Bleipapier nicht bräunen.

Am lästigsten bei dieser Methode ist endlich der Umstand, dass das Resultat meist erst nach geraumer Zeit erhalten werden kann, da häufig eine ganze Anzahl von Tagen vergeht, ehe die Fäulniserscheinungen sich bemerkbar machen.

Nach den Beobachtungen, welche wir an den biologischen Versuchsanlagen der Anstalt gemacht haben, trat z. B. unter 228 Abflüssen aus biologischen Körpern (Tropfkörper und Kontaktkörper) in 43,8 % bei zehntägiger Beobachtung ein Faulen nicht ein. Von den übrigbleibenden 56,2 % Abflüssen mit Nachfaulung trat letztere ein

(Tabelle I.)

in % der Fälle	
2,3	am 1. Tage
4,8	„ 2. „
14,0	„ 3. „
14,0	„ 4. „
11,8	„ 5. „
9,3	„ 6.—10. Tage.

Wir gingen daher von der Ueberlegung aus, dass es für die Praxis einen nicht unbeträchtlichen Gewinn bedeuten müsse, wenn man:

1. diese zum Teil recht beträchtliche Wartezeit reduzieren könnte, und

2. die Prüfung mittelst des Geruchsinnes durch eine Prüfung ersetzen könnte, welche eine bequemere und sichere Beobachtung gewährleistet.

Wir suchten dieses Ziel zu erreichen durch Anwendung verschiedener reduzierbarer Farbstoffe.

Verwandt wurde zuerst ein aus Indophenol hergestellter Farb-

stoff[1]). Mit diesem Farbstoff wurde die Mehrzahl der rein praktischen Versuche angestellt. Wir sind jedoch schliesslich wieder von ihm abgekommen, weil seine Vorzüge (besserer Farbenumschlag, etwas grössere Empfindlichkeit) aufgewogen wurden durch gewisse Nachteile (Schwierigkeit der gleichmässigen Herstellung, allmähliche Zersetzung im Licht) und sind auf das Methylenblau zurückgekommen, auf den für diese Zwecke am naheliegendsten Farbstoff, dessen Verwendung bei der Beurteilung von Flussverunreinigungen höheren Grades der eine von uns schon früher empfohlen hatte.[2])

Daneben versuchten wir noch vorübergehend das Thionin anzuwenden, welches aber unseres Erachtens zu wenig empfindlich, d. h. zu schwer reduzierbar ist, wenigstens wenn man einen gleich starken Farbenton erhalten will wie mit Methylenblau.

Alle systematischen Versuche wurden fast nur mit Methylenblau angestellt.

Ehe wir auf die Methode näher eingehen, möge erwähnt werden, welche anderen Methoden uns zur praktischen Beurteilung der Wirk-

---

1) Das Indophenol des Handels, welches durch Einwirkung vom Nitrodimethylanilinchlorhydrat auf α-Naphtol, resp. gemeinsame Oxydation von Amidodimethylanilin und α-Naphtol (cf. G. Schultz und P. Julius, Tabellarische Uebersicht der künstlichen organischen Farbstoffe No. 554) dargestellt wird, spaltet bei Erhitzen mit Alkali, wie das ähnlich konstituierte Phenolblau oder Chinondimethylanilinimid, Dimethylamin ab unter Bildung von Chinonaphtolimid.

Die Alkalisalze des so erhaltenen Indonaphtols sind im Wasser mit rötlichblauer Farbe löslich. Die Leukoverbindung des Chinonaphtolimids, das Di-p-dioxyphenylnaphthylamin ist sehr unbeständig und färbt sich schon in alkalischer Lösung beim Schütteln mit Luft infolge Oxydation blaurot.

Darstellung: 1 g Indophenol in 30 ccm 80 proz. Alkohol gelöst und unter beständigem Kochen festes KOH allmählich zugesetzt bis zur Sättigung. Nach ca. $^1/_2$stündigem Kochen ist die Reaktion im wesentlichen beendet. Es haben sich zwei Schichten gebildet, von denen die obere rötlich-blau gefärbte neben unverändertem Indophenol das gebildete Chinonaphtolimidkalium enthält, während die untere gelbbraune ausser aus Kalilauge aus gewissen Mengen von Di-p-dioxyphenylnaphthylamin besteht. Die Verbindung ist durch die reduzierende Wirkung der alkalischen Kalilauge entstanden. Die im Scheidetrichter getrennte obere rotblaue Schicht wird auf 100 ccm mit Alkohol aufgefüllt und dann soweit abgestumpft, dass 1 ccm zur völligen Neutralisation etwa 0,5 bis 1 ccm $^1/_{10}$-N-Schwefelsäure braucht.

Die so erhaltene Lösung ist gegen Licht empfindlich und ändert mit der Zeit die Farbe nach rot hin. Die Menge des bei der Reaktion gebildeten Chinonnaphtholimid ist nicht konstant infolge der oben angeführten Nebenreaktionen.

2) Archiv f. Hygiene. 46. Bd. S. 113.

samkeit biologischer Anlagen zur Verfügung stehen. Es sind dies im wesentlichen:

1. Die Bestimmung der relativen Abnahme der Oxydierbarkeit mittelst Kaliumpermanganats gegenüber dem Rohwasser nach Dunbar und Thumm[1]).

2. Die „Incubator test“-Methode, die durch Scudder in die Praxis eingeführt worden ist.

3. Die „Dissolved oxygen test“-Methode.

Was die erste Methode anbelangt, so wurde von den genannten Autoren der durch die Erfahrung gewonnene Satz aufgestellt, dass mittelst des biologischen Verfahrens gereinigtes städtisches Abwasser, d. h. das erzielte Reinigungsprodukt, der stinkenden Fäulnis nicht mehr zugänglich ist, sofern eine Herabsetzung der Oxydierbarkeit des organischen Stickstoffs bezw. Albuminoidammoniaks oder des Glühverlustes des Abdampfrückstandes um etwa 60—65 % oder mehr erreicht wird.[2])

2. Die Incubator test-Methode.[3])

Der Gehalt des Abwassers an oxydablen Substanzen wird durch den Three Minutes test festgestellt[4]); dann wird eine kleine Flasche vollständig mit der Probe gefüllt, und bei 24 bezw. 26° C. geschlossen 5—7 Tage aufbewahrt. Nach dieser Zeit wird abermals die Dreiminutenprobe gemacht. Die Differenz des Ergebnisses dieser beiden Proben vor und nach der Bebrütung ist ein Massstab für die Veränderungen, welche in dem Wasser Platz gegriffen haben. Wächst der Sauerstoffverbrauch in erheblicher Weise (infolge der leichteren Oxydierbarkeit der Fäulnisprodukte durch Kaliumpermanganat), so ist damit das Auftreten von Fäulnis bewiesen, und ihr Grad kann quantitativ gemessen werden.

Die dritte Methode beruht auf der Bestimmung der Sauerstoffzehrung.

Während diese Methode für die Beurteilung verunreinigten Flusswassers direkt angewandt werden kann[5]) und dabei unter Umständen recht gute Dienste leistet, indem sie die Ergebnisse der bakteriologischen Untersuchung des Wassers stützt bezw. ergänzt[6]), kann sie

---

1) Dunbar und Thumm, Beitrag zum derzeitigen Stande der Abwasserreinigungsfrage. München und Berlin. 1902. S. 18.

2) Auch des organischen Kohlenstoffs nach J. König. Vgl. Dunbar, Zur Beurteilung der Wirkung von Abwasserreinigungsanlagen. Ges.-Ing. 1905. S. 157 ff.

3) Vgl. Fowler. Sewage works Analyses. London. 1902. p. 34.

4) Vgl. Farnsteiner, Buttenberg, Korn, Leitfaden f. die chem. Untersuchung von Abwasser. München. 1902. S. 13.

5) Bei sehr planktonreichen Fluss- und besonders Seewässern ist sie nach unseren neueren Erfahrungen weniger gut anwendbar, da die Planktonorganismen ebenfalls Sauerstoff zehren.

6) Vgl. Archiv f. Hygiene. Bd. 38. S. 257.

für gereinigtes Schmutzwasser als Ersatz für die Faulprobe nur angewendet werden, wenn das Abwasser mit reinem Wasser gemischt der Sauerstoffzehrung überlassen wird[1]), oder, wenn dies nicht geschieht, so ist sie eben eine Methode, deren Ergebnisse mit denen der Faulprobe nicht verglichen werden können.

So hat man z. B. in England den Satz ausgesprochen[2]): Wenn ein mit Sauerstoff (Luft) gesättigtes, biologisch gereinigtes Abwasser nach 24 Stunden langer Aufbewahrung noch 50—60 % des ursprünglich gelösten Sauerstoffs enthält, so wird es im Vorfluter keinen Schaden dadurch hervorrufen, dass es dem Flusswasser Sauerstoff entzieht.

Diese Forderung würde weit über die Forderung hinausgehen, dass biologisch gereinigte Abwässer, ehe sie der Vorflut übergeben werden dürfen, bei längerer Aufbewahrung in geschlossener Flasche nicht mehr der Fäulnis unterliegen dürfen; denn die Erfahrung lehrt, dass ein biologisch gereinigtes Wasser unter den genannten Bedingungen sehr wohl seinen gesamten gelösten Sauerstoff verlieren kann, ohne dass es der Fäulnis anheimfällt[3]) (vgl. Tabelle S. 181).

Die Reihenfolge der Prozesse werden wir uns im Gegenteil so vorzustellen haben, dass die erste Phase in der Aufzehrung des gelösten Sauerstoffes besteht; in der zweiten Phase werden höher oxydierte Verbindungen reduziert (z. B. Nitrate), und erst wenn aller in dieser Gestalt verfügbare Sauerstoff verbraucht ist, kann es zur Fäulnis kommen, meist unter Schwefelwasserstoffbildung (vgl. weiter unten).

Immerhin ist vielfach schon die Feststellung, dass ein Wasser innerhalb einer gewissen Zeit seinen gelösten Sauerstoff völlig verloren hat, für die Beurteilung von einem gewissen Werte, und es möge daher an dieser Stelle zuvor kurz eine Methode geschildert werden, welche diese Feststellung in fast noch einfacherer Weise gestattet als die Winklersche Methode, selbst in der von Hofer[4]) angegebenen Vereinfachung.

---

1) Fowler, The Application of Chemical Analysis to the Study of the Biological Processes of Sewage Purification. Manchester. 1904. p. 21.

2) City of Leeds. Report on Experiments in Sewage Disposal by Col. T. W. Harding and W. H. Harrison, M. Sc. 1905. p. 142.

3) S. auch Adeney, Recent advances in the bacteriochemical study of sewage and other polluted waters. Dublin. 1896. p. 30.

4) Hofer, Ueber eine einfache Methode zur Schätzung des Sauerstoffgehalts im Wasser. Allgemeine Fischereizeitung. 1902. S. 408.

Als Reagens benutzen wir das Leukoindophenol[1]), welches aus dem Indophenol des Handels durch Reduktion mit Zinnchlorür in saurer Lösung erhalten wird.

Das Leukoindophenol hat vor vielen anderen Leukobasen den Vorzug, bei saurer Reaktion haltbar zu sein und erst bei alkalischer Reaktion bei Luftzutritt in das Indophenolblau wieder überzugehen.

Man kann sich nun das Indophenolweiss durch Zusammenreiben mit etwas Wasser, Gummi arabicum und Weinsäure in eine haltbare Teig- resp. Tablettenform bringen. Von dieser Masse wird bei Bedarf ein etwa erbsengrosses Stück der Abwasser- bezw. Wasserprobe, welche in einer enghalsigen Glasflasche mit eingeschliffenem Glasstopfen unter Vermeidung gleichzeitigen Lufteinschlusses aufbewahrt worden war, zugesetzt, sodann ein etwa gleich grosses Stückchen Kalium oder Natrium causticum zugegeben, der Stopfen wieder dicht aufgesetzt und umgeschüttelt. Ist noch Sauerstoff in gelöster Form im Wasser vorhanden, so tritt Blaufärbung ein, andernfalls bleibt selbige aus.[2])

Der Vorteil des Verfahrens besteht darin, dass keine flüssigen Reagentien und damit auch keine Pipetten und dergleichen gebraucht werden. Ist noch Sauerstoff vorhanden, so lässt die Intensität der entstehenden Blaufärbung auch einen ungefähren Schluss auf die Menge des noch vorhandenen Sauerstoffs zu. Eine quantitative kolorimetrische Bestimmung ist indessen nicht möglich, da das Indophenolblau auf die Dauer nicht in Lösung bleibt, sondern allmählich wieder ausfällt.

Wir kommen nunmehr zur Besprechung unserer oben genannten Farbstoffreduktionsmethode.

Das Methylenblau ist qualitativ zum Nachweis von Reduktionsprozessen schon häufig benutzt worden, auch für verunreinigtes Wasser, wie schon oben erwähnt wurde[3]).

Das Methylenblau, welches wir anwandten, war Methylenblau B. extra von der Firma Kahlbaum in Berlin[4]). Aus diesem Farbstoff bereiteten wir uns eine 0,05 prozentige wässrige Lösung, indem wir von einer konzentrierten alkoholischen Methylenblaulösung ausgingen. Von dieser 0,05 prozentigen Lösung wurden mittelst genau kalibrierter Pipette Bruchteile eines ccm und mehr (näheres unten) auf den Boden eines 50 ccm fassenden, mit Glasstopfen verschliessbaren Fläschchens

1) Vgl. auch Ehrlich. Das Sauerstoffbedürfnis des Organismus. Berlin. 1885. S. 72 ff.

2) Diese Versuche wurden von dem einen von uns zum Teil noch im hygienischen Institut der Universität Berlin ausgeführt.

3) Vgl. auch Fowler, The application etc. l. c. p. 21.

4) Zinkchloriddoppelsatz des Tetramethyldiamidophenazthioniums.

gegeben, und mit der zu prüfenden Flüssigkeit dann das Fläschchen soweit gefüllt, dass beim Aufsetzen des Glasstopfens keine Luftblasen im Flaschenhals bleiben. Um das nachträgliche Herausdrängen des Glasstopfens zu vermeiden, setzt man am besten die bekannten Flaschenverschlüsse nach Lübbert-Schneider auf. Zum Vergleich machten wir später einige Versuche mit einer 0,05 prozentigen wässrigen Lösung von Methylenblau medicinale[1]), ohne erhebliche Vorzüge gegenüber dem Methylenblau B. extra Kahlbaum konstatieren zu können.

Die Reduktion des Methylenblaus, sowie anderer Farbstoffe, ist direkt durch chemische Agentien möglich oder (direkt oder indirekt) durch die Lebenstätigkeit der Organismen. Unter den für die vorliegende Untersuchung in Frage kommenden chemischen Stoffen ist es vor allem der Schwefelwasserstoff, welcher eine rasche Reduktion des Methylenblaus herbeiführt. Folgende Tabelle gibt darüber Aufschluss:

Je 50 ccm Schwefelwasserstoffwasser wurden mit steigenden Mengen von 0,05 proz. Methylenblaulösung versetzt, und bei 22° beobachtet, wann Entfärbung eintrat:

Tabelle II.

Zugesetzte Menge der Methylenblaulösung in ccm	Entfärbung trat ein nach Minuten
0,2	sofort
0,4	10
0,8	13
1,5	24
3,0	50
6,0	75

Die Dauer des Reduktionsprozesses ist also einigermassen proportional der Menge des zugesetzten Farbstoffes.

Ueber die Reduktion des Methylenblaus und anderer Farbstoffe durch Bakterien liegen eine ganze Reihe von Untersuchungen vor, deren Aufzählung hier zu weit führen würde. In der Arbeit von Wolff[2]),

1) Chlorhydrat.

2) Wolff, A., Ueber die Reduktionsfähigkeit der Bakterien, einschliesslich der Anaërobien. Arbeiten aus dem Gebiete der pathologischen Anatomie und

sowie in der Arbeit von Klett[1], findet sich auch die frühere Literatur zusammengestellt[2]). Aus diesen Untersuchungen geht zunächst hervor, dass die Frage, ob die Reduktion der Farbstoffe durch direkte Arbeitsleistung der Bakterienzelle oder durch Stoffwechselprodukte der Bakterien hervorgerufen wird, noch nicht ganz geklärt ist; es geht ferner daraus hervor, dass die Bakterien sich untereinander durch verschiedene Reduktionskraft unterscheiden, und dass speziell die Anaërobien in hervorragendem Masse die Fähigkeit besitzen, chemisch gebundenen Sauerstoff an sich zu ziehen. Schliesslich zeigen die Bakterien nicht nur quantitative, sondern auch qualitative Verschiedenheiten den Farbstoffen gegenüber; so reduzieren z. B. nach Müller[3]) Choleraspirillen das chemisch leichter reduzierbare Methylenblau nicht, während sie Lakmus reduzieren.

Alle diese Umstände machten es eigentlich a priori ziemlich unwahrscheinlich, dass man für die Beurteilung des Reinheitsgrades eines Abwassers die Methylenblaumethode quantitativ würde ausgestalten können.

Die Erfahrung hat uns indessen gelehrt, dass dies bis zu einem gewissen Grade möglich ist, wenn man bei der Anstellung der Probe drei Bedingungen möglichst konstant erhält:

1. die Menge des Farbstoffes,
2. die Aufbewahrungstemperatur,
3. die Beobachtungszeit.

Was den ersten Punkt anbelangt, so sind dabei zwei Momente zu berücksichtigen. Einmal bedarf es mit wachsender Farbstoffmenge, wie der oben angeführte Versuch mit Schwefelwasserstoff zeigt, längerer Zeit, bis die Reduktion bis zur Leukoverbindung vorgeschritten ist, und natürlich auch einer absolut grösseren Menge reduzierender Substanz, und dann wird mit steigender Farbstoffmenge leicht die Grenze

---

Bakteriologie aus dem pathologisch-anatomischen Institut zu Tübingen. 1902. Bd. 3. S. 294.

1) Klett, Zur Kenntnis der reduzierenden Eigenschaften der Bakterien. Zeitschr. f. Hygiene. Bd. 33. S. 137.

2) Ausserdem sei hingewiesen auf: Schardinger, Ueber das Verhalten der Kuhmilch gegen Methylenblau etc. Zeitschr. f. Unters. d. Nahrungs- u. Genussmittel. 1902. S. 1113 und Cathcart u. Hahn, Ueber die reduzierenden Wirkungen der Bakterien. Arch. f. Hyg. 1902. Bd. 44. S. 295.

3) Müller, Fr., Ueber das Reduktionsvermögen der Bakterien. Centralbl. f. Bakt. Bd. XXVI.

erreicht, wo eine wesentliche Schädigung des Bakterienlebens und damit eine Störung des normalen Ablaufs des in den Wasserproben sich abspielenden biologischen Prozesses stattfindet.

Das Methylenblau ist zwar in kleinen Mengen für die Zellen eine relativ unschädliche Substanz (vergl. die sogenannte vitale Färbung mit Methylenblau), immerhin gehört es doch nicht zu den gänzlich indifferenten, was wohl z. T. auch bei manchen Präparaten den ihm von der Fabrikation her anhaftenden chemischen Unreinigkeiten zuzuschreiben ist.

Nach den Beobachtungen Cahens[1]) kamen viele Bakterien beim Zusatz des Methylenblaus zu den Nährmedien nicht zur Entwickelung; nach Wolff (l. c.) wirkte Methylenblau auf Milzbrand und Cholera entwickelungshemmend. Neisser und Wechsberg[2]) benutzen dagegen die durch Bakterien eventuell auftretende Entfärbung von Methylenblaulösungen als Indikator für das Leben der Bakterien.

Nach Cathcart und Hahn (l. c.) ist schliesslich Methylenblau zur Beobachtung der Reduktionsprozesse der geeignetste Farbstoff.

Wir selbst konnten für unseren speziellen Fall folgendes feststellen:

Abwasser aus einem sekundären biologischen Füllkörper wurde durch ein Faltenfilter von gröberen suspendierten Bestandteilen befreit, und vom gut durchgeschüttelten Filtrat 0,5 ccm zu 49,5 ccm sterilem Wasser gegeben. Von dieser Mischung wurden je 5 ccm in 3 Kölbchen mit je 49,5 ccm steriler Bouillon eingeimpft.

Kölbchen I blieb ohne Zusatz, Kölbchen II erhielt einen Zusatz von 0,3 ccm sterilisierter 0,05 proz. Methylenblaulösung B. extra Kahlbaum, Kölbchen III erhielt einen Zusatz von 0,3 ccm sterilisierter 0,05 proz. Lösung von Methylenblau medicinale. Die Kölbchen wurden dann genau 6 Stunden bei 37° im Brutschrank aufbewahrt und sodann von jedem Kölbchen $^1/_{100}$, $^1/_{1000}$, $^1/_{10000}$, $^1/_{100000}$ und $^1/_{1000000}$ ccm (durch Herstellung entsprechender Verdünnungen mit sterilem Wasser) auf sterile Bouillonröhrchen geimpft. Ausserdem wurden von angelegten Verdünnungen Gelatineplatten gegossen.

Nach 14 stündiger Aufbewahrung bei 37° waren alle Röhrchen, welche mit $^1/_{100}$, $^1/_{1000}$, $^1/_{10000}$ ccm der Bouillon beschickt waren, trübe, die höheren Verdünnungen klar. Durch Zählung mit der Lupe wurde auf den Gelatineplatten folgender Keimgehalt festgestellt pro ccm der Bouillonanreicherung: Kölbchen I: 84000, Kölbchen II: 70000, Kölbchen III: 89000 Keime.

---

1) Ueber das Reduktionsvermögen der Bakterien. Zeitschr. f. Hyg. Bd. 2. S. 387.

2) Neisser u. Wechsberg, Ueber eine einfache Methode zur Beobachtung von Schädigungen lebender Zellen und Organismen (Bioskopie). Münch. med. Wochenschr. 1901. S. 1261.

Aus diesem Versuche erhellt, dass eine nennenswerte Beeinflussung des Bakterienwachstums durch Zugabe von 0,3 ccm Methylenblaulösung auf 50 ccm Bouillon (entsprechend der von uns bei unseren Versuchen eingehaltenen Verdünnung) nicht eingetreten ist. Ueber die Schnelligkeit der Entfärbung bei Zusatz steigender Methylenblaumengen gibt folgende Tabelle Aufschluss:

Das untersuchte Wasser entstammte dem primären Körper einer Füllanlage und war noch fäulnisfähig. Die Proben wurden bei 22° aufbewahrt. Die angewandte Wassermenge betrug jedesmal 50 ccm.

Tabelle III.

Menge d. zugesetzten Methylenblaulösung in ccm	Entfärbung trat ein nach Stunden[1])
0.2	3
0,4	3
0.8	6
1,5	12
3,0	24
6,0	120

Es folgt daraus, dass zur Abkürzung der Beobachtungszeit eine möglichst geringe Menge von Farbstoff zugesetzt werden muss. Andrerseits muss soviel Farbstoff genommen werden, dass zu Beginn der Beobachtung ein kräftiger blauer Farbenton vorhanden ist.

Wir haben deshalb von der genannten Lösung anfänglich 0,2, später 0,3 ccm auf 50 ccm Wasser verwandt.

Wichtig ist zweitens die Höhe der Aufbewahrungstemperatur. Dieses ist ohne weiteres verständlich, da die Prozesse der Reduktion an das Bakterienleben geknüpft sind.

Die Zahlen der Tabelle IV (S. 170) geben ein Bild dieses Einflusses.

Man wird also, um die Beobachtungszeit nach Möglichkeit abzukürzen, die Proben bei erhöhter Temperatur aufbewahren.[2]) Temperaturen von 28° dürften zwar gewöhnlich genügen, wie die Tabelle zeigt. Erfahrungsgemäss lassen sich aber mit einfachen Mitteln, d. h. ohne Zuhilfenahme von Thermoregulatoren, besser höhere als niedere

1) Es wurde nur nach 3, 6, 12, 24, 48, 72, 96 und 120 Stunden kontrolliert.

2) Nach Cathcart und Hahn (l. c.) ist die Temperatur von 37° für die Reduktion der schwach wirkenden Bakterienarten die beste. Tiefere Temperaturen rufen eine bedeutende Verlangsamung der Reduktionszeit hervor. Einige Bakterienarten reduzieren noch besser bei Temperaturen über 40° (bis 55°).

Temperaturen einstellen. Aus diesem Grunde würde man für die Praxis zweckmässig 37° als Aufbewahrungstemperatur wählen.

Tabelle IV.

Herkunft der Wasserprobe	Menge des Methylenblauzusatzes auf 50 ccm Wasser	Aufbewahrungstemperatur	Entfärbung trat ein nach Stunden
Abfluss aus einem primären Füllkörper filtriert	0,3 ccm	22°	24
		28°	6
		37°	6
Desgl. unfiltriert	0,3 ccm	22°	3
		28°	1½
		37°	1½
Abfluss aus einem Tropfkörper unfiltriert	0,2 ccm	22°	120
		28°	96
		37°	48

Als Aufbewahrungsraum kann ein einfacher Thermostat mit Wassermantel dienen[1]). Die Heizung erfolgt durch ein empirisch eingestelltes Benzinlämpchen oder die bekannten auf Oel schwimmenden Nachtlichtchen. Wie wir aus Erfahrung wissen, kann, bei einiger Sorgfalt, durch diese primitiven Vorrichtungen die Temperatur ziemlich konstant gehalten werden.

Es fragt sich nun: kann man bei Einhaltung eines gewissen Farbstoffzusatzes und einer gewissen Temperatur aus dem zeitlichen Auftreten der Entfärbung einer Probe biologisch gereinigten Abwassers einen Schluss ziehen auf die später eintretende oder ausbleibende Fäulnis der Probe?

Die Beantwortung auf diese Frage geben die in den beiden folgenden Tabellen zusammengestellten Beobachtungen an biologisch gereinigten Abwässern verschiedener Herkunft.

Die Tabelle V (S. 173) enthält die Versuche mit Indonaphtolblau.

Dieselben wurden in dem kleinen Laboratorium auf den Versuchsanlagen der Anstalt auf dem Gelände der Pumpstation der Charlottenburger Kanalisation in Westend angestellt. Da wir daselbst einen exakt regulierten Brutschrank nicht zur Verfügung hatten, so war die Aufbewahrungstemperatur nur ungefähr 37° (in der Tabelle mit „warm" bezeichnet). Der Zusatz betrug 0,3 ccm Indophenolblau-

1) Preis ca. 30 M.

lösung auf 50 ccm Wasser. Es entsteht zunächst eine dunkelviolette Färbung. Bei eintretender Reduktion des Farbstoffes schlägt die Farbe zunächst gewöhnlich in rötlich um. Schliesslich verschwindet sie ganz.

Die Tabelle VI bringt die Versuche mit Methylenblauzusatz. Hier konnten die gewählten Temperaturen genau eingehalten werden, da die Untersuchungen im Laboratorium der Anstalt erfolgten.

In der Tabelle VII sind einige Versuche zusammengestellt, welche zeigen sollen, dass die bei Indonaphtolblauzusatz erhaltenen Resultate im grossen und ganzen mit denen übereinstimmen, welche bei Zusatz von Methylenblau an den gleichen Wässern gewonnen wurden, dass man also berechtigt ist, diese beiden Untersuchungsreihen als ziemlich gleich beweisend anzusehen.

Zur Erklärung der Bezeichnungen in den Tabellen möge folgendes bemerkt werden:

W. A. ist eine Tropfkörperanlage mit rotierendem Sprinkler.

A. A. ist eine Dibdin'sche Füllkörperanlage.

St. A. ist eine Füllkörperanlage mit schichtweisem Aufbau des Körpermaterials und Deckschicht aus Patentmaterial.

G. A. ist eine Tropfkörperanlage mit Dunbar'scher Verteilungsschicht.

Kl. V. K. sind kleine Versuchskörper[1]).

Bo. = eine Dunbar'sche Tropfkörperanlage.

Ha. = eine Füllkörperanlage.

Du. = eine Dunbar'sche Tropfkörperanlage.

Wei. R. = ein Rieselfeldabfluss (Drainwasser).

Wei. J. F. = Abfluss von intermittierender Filtration.

Ho. R. = ein Rieselfeldabfluss (Drainwasser).

Be. = eine Dunbar'sche Tropfkörperanlage.

Te. = Tropfkörper mit mechanischer feststehender Verteilung.

Z. T. = Zimmertemperatur.

K = Körper bezw. Körperabfluss.

M. bezw. M. K. = 0,05 proz. Methylenblaulösung Kahlbaum.

M. m. = 0,05 proz. Methylenblaulösung medicinale.

Th. = 0,1 proz. Thioninlösung.

M. W. = Mischwasser.

Ferner muss an Folgendes erinnert werden.

Die Prüfung der aufgestellten Proben auf Färbung und Geruch konnte nur in gewissen Zeitintervallen ausgeführt werden.[2]) Am

1) Die kleinen Versuchskörper waren Tropfkörper mit mechanischer Verteilung, aufgebaut aus verschiedenartigem Material.

2) Bei den Indonaphtolblauversuchen wurden die Kontroll-Faulproben bei Zimmertemperatur aufbewahrt, bei den systematischen Methylenblauversuchen bei der gleichen Temperatur wie die Farbprobe.

häufigsten, im speziellen bei den systematischen Methylenblauversuchen, wurden folgende Beobachtungszeiten gewählt: nach 3 Stunden, nach 6 Stunden, nach 24 Stunden, nach 2, 3, 4, 5 und 10 Tagen. Dazwischen wurden indessen auch häufig andere Beobachtungszeiten eingelegt.

Andererseits war es bei der ziemlich grossen Anzahl der beobachteten Proben, deren Observierung sich sehr oft auf 10 Tage erstreckte, nicht immer möglich, die Beobachtungszeiten einzuhalten, so dass bisweilen Beobachtungen ausgefallen sind oder die Untersuchung schon nach kürzerer Zeit (z. B. 2 oder 5 Tagen) abgebrochen wurde.

Wenn also beispielsweise bei einer Probe vermerkt steht: entfärbt nach 6 Stunden, so ist damit gewöhnlich zugleich gesagt, dass sie nach 3 Stunden noch nicht entfärbt war. Die Entfärbung selbst ist also in irgend einem Zeitpunkt zwischen der 3. und 6. Stunde vollständig geworden.

In diesem Sinne sind die angegebenen Zahlen aufzufassen.

Aus den beigefügten Tabellen geht nun folgendes hervor;

1. bei sämtlichen Proben, welche nachfaulten, trat Entfärbung des Indonaphtolblaus bezw. des Methylenblaus ein.

2. Die Entfärbung trat stets — meistens bedeutend — früher auf als die Bildung von Schwefelwasserstoff.[1])

3. Von den nicht nachfaulenden Proben blieb ein grosser Teil auch bei längerer Beobachtung (bis zu 10 Tagen) gefärbt.

4. Ein Teil der nicht nachfaulenden Proben verlor zwar auch die Farbe, indessen trat diese Entfärbung meist erst relativ spät ein, so dass wir auf Grund unserer Beobachtungen einstweilen folgendes aussprechen möchten:

Wird der Abfluss eines biologischen Körpers[2]), mit (den oben angegebenen Mengen) Indonaphtolblau oder Methylenblau gefärbt, bei 37° unter Luftabschluss aufbewahrt, und hat die so aufbewahrte Probe noch nach länger als 3—4 bezw. 6 Stunden ihre Farbe behalten, so kann man im allgemeinen annehmen, dass ein Nachfaulen des Wassers unter Schwefelwasserstoffbildung auch bei tagelanger Aufbewahrung nicht eintreten wird.

1) Diese wurde als charakteristisches Merkmal für die „Fäulnis“ benutzt.

2) Es handelte sich fast ausschliesslich um städtische Abwässer.

Tabelle V.

Naphtolblauproben.

Datum des Versuchs	Herkunft der Probe	Zusatz	Temperatur	Dauer der Beobachtung Farbe	Dauer der Beobachtung Geruch	Entfärbung trat ein nach			H_2S-Bildung trat ein nach		
				Std.	Tagen		Tag.	Std.		Tg.	Stunden
9. 2.	W. A. I. K.	0,3	warm	24	10	—	—	24	—	10	—
9. 2.	W. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
16. 2.	W. A. I. K.	0,3	„	4	4	—	—	4	—	3	—
16. 2.	W. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
18. 2.	W. A. I. K.	0,3	„	2½	9	—	—	2½	—	9	—
18. 2.	W. A. II. K.	0,3	„	5	9	nicht	—	—	nicht	—	—
20. 2.	Materialversuch I. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
20. 2.	„ II. K.	0,3	„	3¼	10	—	—	3¼	—	10	—
20. 2.	„ III. K.	0,3	„	3½	10	—	—	3½	—	4	—
20. 2.	„ IV. K.	0,3	„	3½	10	—	—	3½	—	6	—
20. 2.	„ V. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
20. 2.	„ VI. K.	0,3	„	3	10	—	—	3	—	6	—
21. 2.	A. A. I. K.	0,3	„	1½	4	—	—	1½	—	4	—
21. 2.	A. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
21. 2.	St. A. I. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
23. 2.	W. A. I. K.	0,3	„	5	6	—	—	5	—	6	—
23. 2.	W. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
23. 2.	W. A. n. d. Sed.-Becken	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
28. 2.	Desinfektionsversuch I. K.	0,3	„	3	2	—	—	3	—	2	—
28. 2.	„ II. K.	0,3	„	2¾	2	—	—	2¾	—	2	—
2. 3.	W. A. I. K.	0,3	„	2½	4	—	—	2¾	—	4	—
2. 3.	W. A. II. K.	0,3	„	24	10	—	nicht	—	nicht	—	—
2. 3.	W. A. Sed.-Becken.	0,3	„	24	10	—	„	—	„	—	—
7. 3.	A. A. I. K.	0,3	„	2½	2	—	—	2½	—	2	—
7. 3.	A. A. II. K.	0,3	„	24	10	—	nicht	—	nicht	—	—
7. 3.	A. A. I. K.	0,3	„	24	3	—	„	—	„	—	—
28. 3.	A. A. I. K.	0,3	„	3	3	—	—	3	—	3	—
28. 3.	A. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
28. 3.	St. A. I. K.	0,3	„	4	5	—	—	4	—	5	—
28. 3.	St. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
30. 3.	W. A. I. K.	0,3	„	1½	10	—	—	1½	—	1	—
30. 3.	W. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
30. 3.	W. A. Sandfilter	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
4. 4.	A. A. I. K.	0,3	„	2	10	—	—	2	—	5	—
4. 4.	A. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
4. 4.	St. A. I. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
4. 4.	St. A. II. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
4. 4.	kleine Versuchskörper I. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
4. 4.	„ „ II. K.	0,3	„	5½	10	—	—	5½	„	—	—
4. 4.	„ „ III. K.	0,3	„	5	10	—	—	3	—	10	—
4. 4.	„ „ IV. K.	0,3	„	5	10	—	—	5	nicht	—	—
4. 4.	„ „ V. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	„	—	—
4. 4.	„ „ VI. K.	0,3	„	5	10	—	—	5	„	—	—
6. 4.	W. A. I. K.	0,3	„	3	10	—	—	3	—	5	—

Versuch No.	Datum des Versuchs	Herkunft der Probe	Zusatz	Temperatur	Dauer der Beobachtung Farbe Std.	Dauer der Beobachtung Geruch Tage	Entfärbung trat ein	nach Tag.	nach Std.	H_2S-Bildung trat	nach Tg.	nach Stunden
45	6. 4.	W. A. II. K.	0,3	warm	24	10	—	—	24	nicht	—	—
46	6. 4.	W. A. Sandfilter	0,3	„	24	10	—	—	24	„	—	—
47	6. 4.	G. A. I. K.	0,3	„	3	10	—	—	3	—	3	—
48	6. 4.	G. A. II. K.	0,3	„	3½	10	—	—	3½	nicht	—	—
49	11. 4.	A. A. I. K.	0,3	„	1	5	—	—	1	—	5	—
50	11. 4.	A. A. II. K.	0,3	„	4½	10	—	—	4½	nicht	—	—
51	11. 4.	St. A. I. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	„	—	—
52	11. 4.	St. A. II. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
53	11. 4.	kleine Versuchskörper I. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
54	11. 4.	„ „ II. K.	0,3	„	6½	10	—	—	6½	„	—	—
55	11. 4.	„ „ III. K.	0,3	„	3¾	10	—	—	3¾	—	10	—
56	11. 4.	„ „ IV. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
57	11. 4.	„ „ V. K.	0,3	„	3½	10	—	—	3½	—	10	—
58	11. 4.	„ „ VI. K.	0,3	„	5	10	—	—	5	nicht	—	—
59	9. 3.	W. A. I. K.	0,3	„	3	5	—	—	3	—	5	—
60	9. 3.	W. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
61	9. 3.	W. A. Sed.-Becken	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
62	9. 3.	kleine Versuchskörper I. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
63	9. 3.	„ „ II. K.	0,3	„	4	10	—	—	4	„	—	—
64	9. 3.	„ „ III. K.	0,3	„	4	10	—	—	4	—	10	—
65	9. 3.	„ „ IV. K.	0,3	„	4¼	10	—	—	4½	nicht	—	—
66	9. 3.	„ „ V. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	„	—	—
67	9. 3.	„ „ VI. K.	0,3	„	5	10	—	—	5	„	—	—
68	14. 3.	A. A. I. K.	0,3	„	2¾	3	—	—	2¾	—	3	—
69	14. 3.	A. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
70	14. 3.	St. A. I. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
71	16. 3.	W. A. I. K.	0,3	„	3	4	—	—	3	—	4	—
72	16. 3.	W. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
73	16. 3.	W. A. Sed.-Becken	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
74	16. 3.	W. A. n. d. Filter	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
75	21. 3.	A. A. I. K.	0,3	„	3½	5	—	—	3½	—	5	—
76	21. 3.	A. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
77	21. 3.	St. A. I. K.	0,3	„	12	7	—	—	3½	—	7	—
78	21. 3.	St. A. II. K.	0,3	„	12	10	nicht	—	—	nicht	—	—
79	21. 3.	kleine Versuchskörper I. K.	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
80	21. 3.	„ „ II. K.	0,3	„	4	10	—	—	4	„	—	—
81	21. 3.	„ „ III. K.	0,3	„	3½	3	—	—	3½	—	3	—
82	21. 3.	„ „ IV. K.	0,3	„	4½	10	—	—	4½	—	10	—
83	21. 3.	„ „ V. K.	0,3	„	24	10	—	—	24	nicht	—	—
84	21. 3.	„ „ VI. K.	0,3	„	3½	3	—	—	3½	—	3	—
85	23. 3.	W. A. I. K.	0,3	„	2½	3	—	—	2½	—	3	—
86	23. 3.	W. A. II. K.	0,3	„	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
87	23. 3.	W. A. Sed.-Becken	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
88	23. 3.	W. A. Sandfilter	0,3	„	24	10	„	—	—	„	—	—
89	24. 3.	A. A. I. K.	0,3	„	1	2	—	—	1	—	2	—
90	24. 3.	A. K. II. K.	0,3	„	36	10	—	—	36	nicht	—	—
91	24. 3.	St. A. I. K.	0,3	„	36	10	—	—	36	„	—	—
92	24. 3.	St. A. II. K.	0,3	„	36	10	—	—	36	„	—	—
93	18. 4.	A. A. I. K.	0,3	„	½	10	—	—	½	—	3	—

Datum des Versuchs	Herkunft der Probe	Zusatz	Temperatur	Dauer der Beobachtung Farbe	Geruch	Entfärbung trat ein	nach		H$_2$S-Bildung trat ein	nach	
				Std.	Tage		Tag.	Std.		Tg.	Stunden
18. 4.	A. A. II. K.	0,3	warm	3½	10	—	—	3½	nicht	—	—
18. 4.	St. A. I. K.	0,3	"	4	10	—	—	4	"	—	—
18. 4.	St. A. II. K.	0,3	"	24	10	nicht	—	—	"	—	—
18. 4.	W. A. I. K.	0,3	"	3½	10	—	—	3½	—	10	—
18. 4.	W. A. II. K.	0,3	"	24	10	nicht	—	—	nicht	—	—
18. 4.	W. A. Sandfilter	0,3	"	24	10	"	—	—	"	—	—

Tabelle VI.

Versuche mit Methylenblau.

Datum des Versuchs	Herkunft der Probe	Menge der zugesetzt. Methylenblaulösg. in ccm	Aufbewahrungstemperatur	Dauer der Beobachtung Farbstoffprobe Tage	Geruchsprobe Tage	Entfärbung trat ein	nach Tg.	nach Std.	H$_2$S-Bildung trat ein	nach Tg.	nach Std.
29. 6.	W. A. n. d. K.	0,3	Z.-T.	10	10	nicht	—	—	nicht	—	—
29. 6.	A. A. n. d. I. K.	0,3	"	—	1	—	—	3	—	—	20
29. 6.	A. A. n. d. II. K.	0,3	"	2	10	—	—	48	nicht	—	—
17. 7.	A. A. n. d. K. M. W.	0,3	"	1	10	nicht	—	—	"	—	—
17. 7.	desgl.	0,3	37°	1	10	—	—	20	"	—	—
19. 7.	A. A. n. d. I. K.	0,3	Z.-T.	1	5	—	—	6	—	5	—
19. 7.	desgl.	0,3	37°	1	5	—	—	6	—	—	24
28. 7.	Kl. V. K.	0,3	Z.-T.	4	4	nicht	—	—	nicht	—	—
28. 7.	desgl.	0,3	"	4	4	"	—	—	"	—	—
28. 7.	desgl.	0,3	"	4	4	—	—	28	"	—	—
7. 8.	desgl.	0,3	"	2	4	nicht	—	—	"	—	—
7. 8.	desgl.	0,3	"	2	4	"	—	—	"	—	—
7. 8.	desgl.	0,3	"	2	4	"	—	—	"	—	—
7. 8.	desgl.	0,3	"	2	4	"	—	—	"	—	—
7. 8.	desgl.	0,3	"	2	4	"	—	—	"	—	—
21. 8.	Du. n. d. K.	0,3	37°	10	10	"	—	—	"	—	—
22. 8.	Ha. n. d. K.	0,3	37°	1	10	—	—	24	"	—	—
22. 8.	Ha. Vorflut oberhalb	0,3	37°	10	10	nicht	—	—	"	—	—
22. 8.	Ha. Vorflut unterhalb	0,3	37°	10	10	—	—	48	"	—	—
24. 8.	Bo. n. d. II. K. (5)	0,3	37°	1	5	—	—	3	—	5	—
29. 8.	Ho. R.	0,3	37°	10	10	nicht	—	—	nicht	—	—
31. 8.	Wei. R.	0,3	37°	1	10	—	—	24	"	—	—
31. 8.	Wei. J. F.	0,3	37°	1	10	—	—	24	"	—	—
14. 9.	A. A. n. d. I. K. unfiltriert	0,3	22°	1	2	—	—	3	—	2	—
14. 9.	desgl.	0,3	28°	1	1	—	—	1½	—	—	24
14. 9.	desgl.	0,3	37°	1	1	—	—	1½	—	—	24
14. 9.	A. A. n. d. I. K. filtriert	0,3	22°	1	2	—	—	24	—	2	—
14. 9.	desgl.	0,3	28°	1	1	—	—	6	—	2	—
14. 9.	desgl.	0,3	37°	1	1	—	—	6	—	—	24

Versuch No.	Datum des Versuchs	Herkunft der Probe	Menge der zugesetzt. Methylenblaulösg. in ccm	Aufbewahrungstemperatur	Dauer der Beobachtung		Entfärbung trat ein			H_2S-Bil
					Farbstoffprobe Tage	Geruchsprobe Tage		nach		
								Tg.	Std.	
129	14. 9.	W. A. n. d. K. unfiltriert	0,3	22⁰	10	10	nicht	—	—	nicht
130	14. 9.	desgl.	0,3	28⁰	10	10	„	—	—	„
131	14. 9.	desgl.	0,3	37⁰	10	10	„	—	—	„
132	14. 9.	W. A. n. d. K. filtriert	0,3	22⁰	10	10	„	—	—	„
133	14. 9.	desgl.	0,3	28⁰	10	10	„	—	—	„
134	14. 9.	desgl.	0,3	37⁰	10	10	„	—	—	„
135	21. 9.	A. A. n. d. I. K. unfiltr.	0,3	37⁰	1	2	—	—	3	—
136	21. 9.	A. A. n. d. I. K. filtr.	0,3	37⁰	1	10	—	—	18	nicht
137	21. 9.	A. A. n. d. II. K. unfiltr.	0,3	37⁰	4	10	—	4	—	„
138	21. 9.	A. A. n. d. II. K. filtr.	0,3	37⁰	4	10	—	4		„
139	20. 10.	Te. n. d. I. K.	0,3	37⁰	1	1	—	—	6	—
140	20. 10.	Te. n. d. II. K.	0,3	37⁰	1	3	—	—	9	—
141	21. 10.	Be. n. d. K.	0,3	37⁰	1	10	—	—	3	—
142	21. 10.	W. A. n. d. K.	0,3	37⁰	1	10	—	—	24	nicht
143	23. 10.	A. A. n. d. I. K.	0,3	37⁰	2	5	—	—	5	—
144	23. 10.	A. A. n. d. II. K.	0,3	37⁰	3	10	nicht	—		nicht
145	23. 10.	W. A. n. d. K.	0,3	37⁰	5	10	—	5		„

Tabelle VII.

Vergleich zwischen Methylenblauproben und Indonaphtolblauproben.

Versuch No.	Datum des Versuchs	Herkunft der Probe	Art u. Menge[1] d. zugesetzten Farblösung. ccm	Aufbewahrungstemperatur	Dauer der Beobachtung der Farbstoffprobe Tage	Entfärbung trat ein		
							nach	
							Tg.	Std.
1	29. 6.	W. A. n. d. K.	0,2 N.	Z.-T.	10	nicht	—	—
2	29. 6.	desgl.	0,3 M.	„	10	„	—	—
3	29. 6.	A. A. n. d. I. K.	0,2 N.	„	1	—	—	3
4	29. 6.	desgl.	0,3 M.	„	1	—	—	3
5	29. 6.	A. A. n. d. II. K.	0,2 N.	„	2	—	—	30
6	29. 6.	desgl.	0,3 M.	„	2	—	—	48
7	13. 7.	W. A. n. d. K.	0,2 N.	„	2	nicht	—	—
8	13. 7.	desgl.	0,3 M.	„	2	„	—	—
9	13. 7.	A. A. n. d. I. K.	0,2 N.	„	1	—	—	3
10	13. 7.	desgl.	0,3 M.	„	1	—	—	3
11	13. 7.	A. A. n. d. II. K.	0,2 N.	„	2	—	—	48
12	13. 7.	desgl.	0,3 M.	„	2	—	—	48

1) M. = Methylenblau. N = Indonaphtolblau.

Versuch No.	Datum des Versuchs	Herkunft der Probe	Art u. Menge d. zugesetzten Farblösung. ccm	Aufbewahrungstemperatur	Dauer der Beobachtung der Farbstoffprobe Tage	Entfärbung trat ein	nach Tg.	nach Std.
13	13. 7.	G. A. n. d. I. K.	0,2 N.	Z.-T.	2	nicht	—	—
14	13. 7.	desgl.	0,3 M.	„	2	„	—	—
15	13. 7.	G. A. n. d. II. K.	0,2 N.	„	2	„	—	—
16	13. 7.	desgl.	0,3 M.	„	2	„	—	—
17	17. 7.	A. A. n. d. K. Mischwasser	0,2 N.	„	1	„	—	—
18	17. 7.	desgl.	0,3 M.	„	1	„	—	—
19	17. 7.	desgl.	0,2 N.	37°	1	nicht	—	—
20	17. 7.	desgl.	0,3 M.	37°	1	—	—	24
21	17. 7.	A. A. n. d. I. K.	0,2 N.	Z.-T.	1	—	—	6
22	19. 7.	desgl.	0,3 M.	„	1	—	—	6

Bei niedrigerer Temperatur (bei 22° oder Z. T.) wird man die Beobachtungsgrenze erhöhen müssen, auf etwa 20 Stunden; doch gibt unser Material für diese Zeitgrenze weniger sichere Anhaltspunkte.

Dass einzelne Ausnahmen von dem soeben aufgestellten Satze vorkommen, zeigt der Inhalt unserer Tabellen (vgl. z. B. Versuch No. 16, 48, 63, 80, 94, 95, 140), und es ist ja dies bei der Mannigfaltigkeit der Stoffe, welche im städtischen Kanalwasser vorhanden sein können, und bei den komplizierten Vorgängen bei ihrem Abbau eigentlich selbstverständlich.

Wir glauben aber, dass trotzdem die von uns angegebene Methode, falls sie sich auch bei biologisch gereinigten Abwässern anderer Provenienz bestätigen sollte, für die Praxis einen nicht unbedeutenden Vorteil darstellen wird, da sie erlaubt, innerhalb weniger Stunden sich mit einer praktisch genügenden Sicherheit über den Reinigungseffekt mit einem Blick zu informieren, und die chemische Analyse und Faulproben nach dieser Richtung hin für die gewöhnliche tägliche laufende Kontrolle entbehrlich macht.

Wie schon oben gesagt, erschien der Indonaphtolfarbstoff vielfach empfindlicher als das Methylenblau. Aus den angeführten Gründen wird man indessen dem Methylenblau doch den Vorzug geben müssen.

Dass ein bestimmter Unterschied im Reinheitsgrad zwischen denjenigen Proben besteht, welche sich auch bei 10 tägiger Aufbewahrung nicht entfärben, und denjenigen, welche ihre Farbe zwar verlieren,

aber erst relativ spät, ist wohl anzunehmen, unsrerseits aber noch nicht genügend analytisch geprüft.

Dagegen konnten wir den Einfluss, den die suspendierten organischen Stoffe auf den Ablauf des Entfärbungsprozesses ausüben, sowie das Verhalten verschiedener Kanalwasserverdünnungen studieren.

Was den ersten Gegenstand betrifft, so sind alle in den Tabellen verzeichneten Proben — diejenigen ausgenommen, bei denen etwas anderes ausdrücklich bemerkt ist — mit unfiltriertem Wasser angestellt, während z. B. die Kaliumpermanganatbestimmungen zur Feststellung der prozentualen Abnahme der Oxydierbarkeit am filtrierten Wasser angestellt zu werden pflegen.

Wie die suspendierten Stoffe die Sauerstoffzehrung beeinflussen, hat der eine von uns bereits früher experimentell dargelegt[1]), auch mit der Methylenblauprobe lässt sich der Unterschied zwischen einem Abwasser mit Schwebestoffen und ohne solche gut demonstrieren. Folgendes Beispiel möge dies zeigen:

Tabelle VIII.

Versuch No.	Herkunft der Probe	Farbstoffzusatz	Temp.	Verhalten von Farbe und Geruch nach Stunden:								
				3	6	18	24	2 × 24	3 × 24	4 × 24	5 × 24	10 ×
134	A. A. n. d. I. K. unfiltriert	M. 0,3 —	37° —	entfärbt —	— —	— —	— —	— H_2S+	— —	— —	— —	— —
135	A. A. n. d. I. K. filtriert	M. 0,3 —	37° —	blau —	blau —	entfärbt —	— —	— —	— —	— —	— —	— kein H_2S
136	A. A. n. d. II. K. unfiltriert	M. 0,3 —	37° —	blau —	blau —	blau —	blau —	blau —	blau —	entfärbt —	— —	— kein H_2S
137	A. A. n. d. II. K. filtriert	M. 0,3 —	37° —	blau —	blau —	blau —	blau —	blau —	blau —	entfärbt —	— —	— kein H_2S

Beim Abfluss aus dem primären Körper (Füllkörper) wurde die Entfärbung durch Fortnahme der suspendierten Stoffe um 15 Stunden hinausgeschoben; beim Abfluss aus dem sekundären Körper war ein Unterschied in der Schnelligkeit der Entfärbung nicht mehr vorhanden.

1) Archiv. f. Hygiene. Bd. 46. S. 75.

Die Oxydierbarkeit der Wässer sank durch die Filtration von 229 auf 163 mg pro Liter (A. A. n. d. 1. K.) bezw. 126 auf 114 mg (A. A. n. d. 2. K.) Im letzteren Fall war also die Menge der suspendierten Stoffe nur gering, oder die noch vorhandenen schon zum grössten Teil mineralisiert.

Nicht ohne Interesse war auch das Verhalten von Mischungen von Kanalwasser und Leitungswasser.

Es war die Frage, ob man durch Verdünnung denselben Effekt bezüglich des zeitlichen Eintretens der Entfärbung der Farblösung würde erreichen können wie durch die biologische Reinigung.

Zu diesem Zweck wurden sogenannte korrespondierende Proben des Rohwassers und des biologisch gereinigten Wassers (d. h. unter Berücksichtigung der Durchlaufszeit) entnommen, und aus dem Rohwasser durch Verdünnen mit Leitungswasser Mischungen hergestellt, welche annähernd den gleichen Kaliumpermanganatverbrauch zeigten wie das biologisch gereinigte Wasser. Diese Proben wurden nun, in der üblichen Weise mit Methylenblau versetzt, bei 37° beobachtet.

Solange der biologische Reinigungseffekt ein geringer war, (nachfaulender Abfluss aus dem 1. Füllkörper) ging die Entfärbung in beiden Proben etwa parallel; nach Erhöhung des Reinigungseffektes (nicht mehr nachfaulender Abfluss aus dem 2. Füllkörper) ging die Entfärbung in den beiden Proben zeitlich weit auseinander. Die Tabelle IX (S. 180) enthält einige zahlenmässige Angaben.

Das unfiltrierte Rohwasser hatte einen Kaliumpermanganatverbrauch von 723 mg im Liter, das filtrierte einen solchen von 315 mg pro Liter.

Trotz annähernd gleichen Gehaltes an „organischer Substanz“, bestimmt nach Kubel mittelst Kaliumpermanganats in saurer Lösung, verhielten sich die Abflüsse aus den sekundären Körpern, verglichen mit den künstlichen Mischungen aus Rohabwasser und Leitungswasser, sowohl was die Faulprobe wie was die Entfärbungsprobe anlangt, verschieden. Bei ersteren trat Fäulnis innerhalb der Beobachtungszeit gar nicht auf, und die Entfärbung stellte sich erst am 4. Tage ein. Bei den Mischungen traten dagegen Fäulnis bezw. stinkende Produkte auf, und die Entfärbung trat schon innerhalb einiger Stunden ein.

Das Methylenblau ist daher ein Reagens nicht auf vorhandene organische Substanz überhaupt, sondern auf **noch nicht abgebaute** organische Substanz. Ueber die Menge der noch nicht abgebauten, d. h. noch leicht zersetzlichen organischen Substanz wollen wir uns in praxi aber gerade unterrichten.

Tabelle IX.

Versuch Nr.	Bezeichnung der Probe.	Kalium-permanganat-verbrauch mg pr. l	Abnahme gegen Rohwasser in %	Verhalten von Farbe und Geruch nach Stunden 3	6	18	24	2 × 24	3 × 24	4 × 24	5×
135	A. A. n. d. I. K. unfiltriert	229 —	68 —	entfärbt —	— —	— —	— —	— H_2S +	— —	— —	— —
	Unfiltriertes Rohwasser entsprechend mit Leitungswasser verdünnt	249 —	65 —	entfärbt —	— —	— H_2S +	— —	— —	— —	— —	— —
137	A. A. n. d. II. K. unfiltriert	126 —	83 —	blau —	blau —	blau —	blau —	blau —	blau —	entfärbt —	— kein H_2S
	Unfiltriertes Rohwasser entsprechend mit Leitungswasser verdünnt	125 —	83 —	blau —	entfärbt —	— H_2S +	— —	— —	— —	— —	— —
136	A. A. n. d. I. K. filtriert	163 —	48 (78*)	blau —	blau —	entfärbt —	— —	— —	— —	— —	— kein H_2S
	Filtriertes Rohwasser entsprechend mit Leitungswasser verdünnt	187 —	41 (74*)	blau —	blau —	entfärbt —	— —	— —	— H_2S +	— —	— —
138	A. A. n. d. II. K. filtriert	114 —	64 (84*)	blau —	blau —	blau —	blau —	blau —	blau —	entfärbt —	— kein H_2S
	Filtriertes Rohwasser entsprechend mit Leitungswasser verdünnt	131 —	58 (82*)	blau —	entfärbt —	— —	— —	— —	— nach Schwefelkohlenstoff	— —	— —

*) Gegen unfiltriertes Rohwasser.

Wir haben schon oben erwähnt (S. 164), wie wir uns die einzelnen Stadien der Zersetzung des Wassers zu denken haben, nämlich

1. Aufzehrung des gelösten ungebundenen Sauerstoffs,
2. Angriff höher oxydierter Verbindungen [z. B. der Nitrate][1]),
3. Fäulnis unter H_2S-Entwicklung.

---

1) Vgl. Ueber die Reduktion von Nitraten durch Abwasser von Prof. Letts, Blake u. Totton. Chem. News. 88. p. 182 u. Adeney l. c.

Die folgende Tabelle zeigt die beiden ersten Stadien an einem bei 10 tägiger Beobachtung der Nachfaulung nicht unterliegenden Abwasser (W. A. n. d. K.). Die Bestimmungen sind in unfiltriertem Wasser ausgeführt worden.

Tabelle X.

Analyse resp. Beobachtung ausgeführt nach dem Ansetzen der Proben:

	6 Std.	12 Std.	24 Std.	2×24 Std.	3×24 Std.	4×24 Std.	5×24 Std.	10×24 Std.
Gehalt an freiem gelöstem Sauerstoff ccm pro L.	2,62	1,44	0,50	0,37	—	0,00	—	0,00
Nitrat- + Nitritstickstoff mg pro L.	10,0	10,0	10,0	—	—	8,00	—	4,00
Verhalten der mit Methylenblau gefärbten Proben	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau	blau

Das Methylenblau wird also augenscheinlich später angegriffen als die Nitrate. —

Zum Schlusse möge noch darauf hingewiesen werden, dass das Methylenblau in seltenen Fällen aus seiner Lösung ausgeschieden werden kann, nämlich dann, wenn sich viel feinste suspendierte Partikelchen (Ton, Lehm u. a. m.) im Wasser finden. Dieser Fall kommt allerdings eher einmal bei Flusswasser als bei Abwasser vor; indessen wird er sich auch bei Abwasserproben ereignen können.

Der direkte Versuch, einmal mit einer sterilen Aufschwemmung von feinstem Thon und dann mit einer sterilen Aufschwemmung von reiner Zellulose (Filtrierpapier) gemacht, ergab, dass bereits nach 6 Stunden ein blauer Bodensatz entstanden war. Nach 3 Tagen war das über dem blauen Bodensatze stehende Wasser fast farblos bezw. hellblau. Als die Proben mit etwas Abwasser infiziert wurden, entfärbte sich auch der Bodensatz innerhalb 3 bezw. 2 Tagen.

Eine mit Methylenblau versetzte Probe darf daher nur dann als entfärbt gelten, wenn auch der etwa gebildete Bodensatz die blaue Farbe verloren hat.

Wir haben im Vorhergehenden unsere Beobachtungen an einer grösseren Reihe von Fällen zusammengestellt und einige Schlüsse

aus ihnen gezogen. Dass wir diese Schlüsse nicht als stets gültige Gesetze angesehen wissen wollen, haben wir schon oben betont.

Uns kam es nur darauf an, zu zeigen, dass man die Reduktionsmethode quantitativ so ausgestalten kann, dass sie in der Mehrzahl der Fälle eine relativ rasche und bequeme Prognosestellung in bezug auf die Zersetzungsvorgänge eines biologisch gereinigten Abwassers gestattet. —

Ueber die etwa mögliche weitere Ausgestaltung der Methode sind Versuche im Gange.

Druck von L. Schumacher in Berlin N. 24.

Bibliothek von Coler-Schjerning.

1. **Kübler,** Geschichte der Pocken und der Impfung. Mit 12 Abb. und 1 Taf. 1901. 8 M.
2. **E. von Behring,** Diphtherie. (Begriffsbestimmung, Zustandekommen, Erkennung und Verhütung.) Mit 2 Abbildungen im Text. 1901. 5 M.
3. **Buttersack,** Nichtarzneiliche Therapie innerer Krankheiten. Skizzen für physiologisch denkende Aerzte. Mit 8 Abbildungen im Text. Zweite Aufl. 1903. 4 M. 50 Pf.
4. **Trautmann,** Leitfaden für Operationen am Gehörorgan. Mit 27 Abbildungen im Text. 1901. 4 M.
5. **Hermann Fischer,** Leitfaden der kriegschirurgischen Operations- und Verbandstechnik. 2. Aufl. Mit 55 Abbildungen. 1905. 4 M.
6. **N. Zuntz u. Schumburg,** Studien zu einer Physiologie des Marsches. Mit Abbildungen, Kurven im Text und 1 Tafel. 8 M.
7. **Alb. Köhler,** Grundriss einer Geschichte der Kriegschirurgie. Mit 21 Abbildungen. 1901. 4 M.
8. **P. Musehold,** Die Pest und ihre Bekämpfung. Mit 4 Lichtdrucktafeln. 1901. 7 M.
9. **H. Jaeger,** Die Cerebrospinalmeningitis als Heeresseuche. In ätiologischer, epidemiologischer, diagnostischer und prophylaktischer Beziehung. Mit 33 Texttaf. 1901. 7 M.
10. **Gerhardt,** Die Therapie der Infektionskrankheiten. In Verbindung mit Stabsarzt Dr. Dorendorf, Oberstabsarzt Prof. Dr. Grawitz, Oberstabsarzt Dr. Hertel, Oberstabsarzt Dr. Ilberg, Oberstabsarzt Dr. Landgraf, Generaloberarzt Prof. Dr. Martius, Stabsarzt Dr. Schulz, Oberstabsarzt Dr. Schultzen, Stabsarzt Dr. Stuertz und Stabsarzt Dr. Widenmann. Mit Kurven im Text. 1902. 8 M.
11. **E. Marx,** Die experimentelle Diagnostik, Serumtherapie und Prophylaxe der Infektionskrankheiten. Mit 1 Texfig. u. 2 Taf. 1902. 8 M.
12. **Martens,** Die Verletzungen und Verengerungen der Harnröhre und ihre Behandlung. Auf Grund des König'schen Materials (1875—1900). 8. Mit einem Vorwort von Geh. Rat Prof. Dr. König. 1902. 4 M.
13. **A. Menzer,** Die Aetiologie des akuten Gelenkrheumatismus nebst kritischen Bemerkungen zu seiner Therapie. Mit Vorwort von Geh. Rat Prof. Dr. Senator. Mit 5 Tafeln. 1902. 5 M.
14. **A. Hiller,** Der Hitzschlag auf Märschen. Mit Benutzung der Akten der Medizinal-Abteilung des Preussischen Kriegsministeriums. Mit 6 Holzschn. und 3 Kurven. 1902. 7 M.

15/16. **Sonnenburg** und **Mühsam,** Kompendium der Operations- und Verbandstechnik. I. Teil. Mit 150 Textfiguren. 1903. 4 M. — II. Teil. Mit 194 Textabbildungen. 1903. 6 M.

17. **Niedner,** Die Kriegsepidemien des 19. Jahrhunderts. 1903. 5 M.
18. **Stechow,** Das Röntgen-Verfahren mit besonderer Berücksichtigung der militärischen Verhältnisse. Mit 91 Abb. im Text. 1903. 6 M.
19. **J. Boldt,** Das Trachom als Volks- und Heereskrankheit. 1903. 5 M.
20. **Thel,** Grundsätze über den Bau von Krankenhäusern. Mit 11 Tafeln und 66 Abbildungen im Text. 1905. 6 M.
21. **Hildebrandt,** Die Verwundungen durch die modernen Kriegsfeuerwaffen, ihre Prognose und Therapie im Felde. I. Band: Allgemeiner Teil. Mit 2 Tafeln und 109 Abb. im Text. 1905. 8 M.

Druck von L. Schumacher in Berlin N. 24